



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0055578
 (43) 공개일자 2011년05월25일

- | | |
|---|---|
| (51) Int. Cl.
H02K 1/22 (2006.01) H02K 1/27 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7004567
(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년07월28일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2011년02월25일
(86) 국제출원번호 PCT/US2009/052011
(87) 국제공개번호 WO 2010/014646
국제공개일자 2010년02월04일
(30) 우선권주장
12/496,552 2009년07월01일 미국(US)
(뒷면에 계속) | (71) 출원인
다이렉트 드라이브 시스템즈, 인크.
미국 92833 캘리포니아주 풀러턴 버닝 트리 로드 621
(72) 발명자
사반 다니엘 엠.
미국 92882 캘리포니아주 코로나 허쓰사이드 드라이브 1406
(74) 대리인
양영준, 안국찬 |
|---|---|

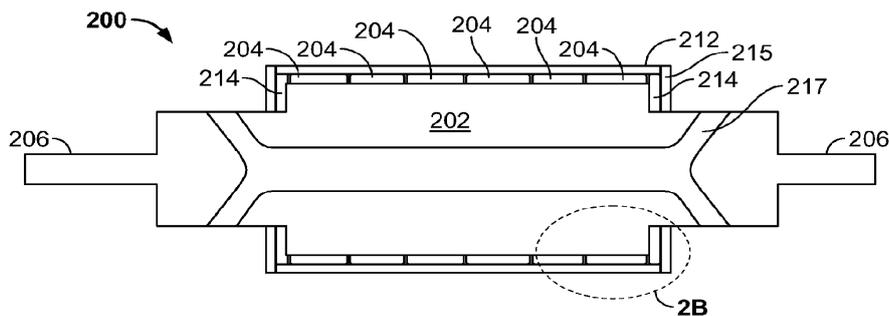
전체 청구항 수 : 총 64 항

(54) 전기 기계용 회전자

(57) 요약

전기 기계용 회전자는 회전자 허브와, 회전자 허브의 외주 둘레에 고정된 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함한다. 특정 예에서, 세그먼트는 라운드형 외부 표면을 가지고, 회전자 허브에 장착되어 회전자의 원통형 외부 표면을 형성한다. 영구 자석은 특정 자기장을 갖는 회전자를 구성하도록 선택된다. 특정 예에서, 세그먼트는 제1 복수의 영구 자석 세그먼트와 적어도 하나의 다조각 영구 자석 세그먼트를 포함하며, 다조각 영구 자석 세그먼트는 적어도 2개 조각을 포함하고, 각 조각은 제1 복수의 세그먼트 내의 세그먼트보다 작은 원호 폭을 가지며, 각각의 다조각 세그먼트 내에서 하나의 조각의 자화 방향 벡터는 적어도 하나의 다른 조각의 자화 방향 벡터와 서로 다르다. 특정 예에서, 복수의 세그먼트는 둘 이상의 자극을 형성하는 보극 자석 세그먼트와 주 자석 세그먼트를 포함하고, 세그먼트들은 균일하게 배향된 방향 벡터 성분을 갖는다. 특정 예에서, 2극 회전자 구조의 세그먼트는 실질적으로 평행하면서 실질적으로 동일한 방향으로 배향된 방향 벡터 성분을 갖는다.

대표도 - 도2a



(30) 우선권주장

12/496,619	2009년07월01일	미국(US)
12/496,621	2009년07월01일	미국(US)
61/084,238	2008년07월28일	미국(US)
61/096,290	2008년09월11일	미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

전기 기계용 회전자이며,

회전자 허브와,

회전자 허브의 외주 둘레에 고정된 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함하고,

복수의 영구 자석 세그먼트는

실질적으로 균일한 원호 폭의 제1 복수의 영구 자석 세그먼트와,

다조각 영구 자석 세그먼트를 포함하고,

다조각 영구 자석 세그먼트는 제1 복수의 영구 자석 세그먼트보다 작은 원호 폭을 각각 구비하는 2개 조각을 포함하고, 상기 조각들 중 하나의 자화 방향 벡터는 다조각 세그먼트 내의 적어도 하나의 다른 조각의 자화 방향 벡터와 서로 다른

전기 기계용 회전자.

청구항 2

제1항에 있어서,

제1 복수의 영구자석 세그먼트 내의 자석 세그먼트는 단일의 일원적 재료 조각으로 형성되는

전기 기계용 회전자.

청구항 3

제1항에 있어서,

제1 복수의 세그먼트와 다조각 세그먼트의 원호 폭은 실질적으로 동일한

전기 기계용 회전자.

청구항 4

제1항에 있어서,

제2 복수의 영구 자석 세그먼트를 더 포함하고, 제2 복수의 세그먼트 내의 세그먼트들의 원호 폭은 제1 복수의 세그먼트 내의 세그먼트들의 원호 폭과 서로 다른

전기 기계용 회전자.

청구항 5

제1항에 있어서,

복수의 다조각 자석 세그먼트는 보극 세그먼트인

전기 기계용 회전자.

청구항 6

제1항에 있어서,

다조각 세그먼트 내의 하나의 조각의 원호 폭은 동일 다조각 세그먼트 내의 제2 조각의 원호 폭보다 긴

전기 기계용 회전자.

청구항 7

제1항에 있어서,

다조각 세그먼트 내의 하나의 조각은 동일 다조각 세그먼트 내의 제2 조각의 재료와는 다른 재료로 형성되는 전기 기계용 회전자.

청구항 8

제7항에 있어서,

다조각 세그먼트의 하나의 조각의 재료는 동일 다조각 세그먼트 내의 제2 조각의 재료보다 높은 자화 레벨을 갖는

전기 기계용 회전자.

청구항 9

제7항에 있어서,

다조각 세그먼트의 재료는 동일 다조각 세그먼트 내의 제2 조각의 재료와는 다른 자기 특성을 갖는

전기 기계용 회전자.

청구항 10

제1항에 있어서,

다조각 세그먼트의 적어도 하나의 조각은 제1 복수의 세그먼트와 동일한 재료로 형성된 동일한 원호 폭의 단일 영구 자석 세그먼트를 분할함으로써 구성되는

전기 기계용 회전자.

청구항 11

제1항에 있어서,

다조각 세그먼트 중 하나의 조각은 동일 다조각 세그먼트의 제2 조각의 자기 방향 벡터에 법선방향인 자기 방향 벡터를 가지는

전기 기계용 회전자.

청구항 12

제1항에 있어서,

회전자는 실질적으로 원통형의 긴 회전자인

전기 기계용 회전자.

청구항 13

제1항에 있어서,

회전자는 심해 작업을 위해 구성되는

전기 기계용 회전자.

청구항 14

전기 기계의 회전자를 위한 영구 자석 세그먼트이며,

영구 자석은 회전자에 장착되어 회전자의 원통형 외부 표면의 일 구획을 형성하도록 구성되며,

영구 자석 세그먼트는

제1 자화 방향 벡터를 갖는 제1 영구 자석 구획과,

제1 영구 자석 구획에 고정되고 제1 자화 방향 벡터와는 다른 자화 방향 벡터를 갖는 제2 영구 자석 구획을 포함하는

영구 자석 세그먼트.

청구항 15

제14항에 있어서,

제1 영구 자석 구획과 제2 영구 자석 구획은 함께 결합되는

영구 자석 세그먼트.

청구항 16

제14항에 있어서,

제2 영구 자석 구획은 제1 영구 자석 구획보다 큰 크기로 이루어지는

영구 자석 세그먼트.

청구항 17

제14항에 있어서,

제1 및 제2 영구 자석 구획의 자화 벡터는 방향 성분과 크기 성분을 포함하고, 제1 및 제2 영구 자석 구획의 자화 벡터는 서로 다른 방향 성분을 갖는

영구 자석 세그먼트.

청구항 18

제14항에 있어서,

제1 및 제2 영구 자석 구획의 자화 벡터는 방향 성분과 크기 성분을 포함하고, 제1 및 제2 영구 자석 세그먼트는 서로 다른 크기 성분을 갖는

영구 자석 세그먼트.

청구항 19

전기 기계를 위한 회전자를 형성하는 방법이며,

회전자 허브의 외주에 균일한 원호 폭의 제1 복수의 영구 자석 세그먼트를 고정하는 단계와,

회전자 허브의 외주에 다조각 영구 자석 세그먼트를 고정하는 단계를 포함하고,

다조각 세그먼트는 제1 복수의 영구 자석 세그먼트보다 작은 원호 폭을 각각 가지는 2개 조각을 포함하고, 다조각 세그먼트 내에서 제1 조각의 자화 방향 벡터는 제2 조각의 자화 방향 세그먼트와 서로 다른

회전자 형성 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

제1 복수의 세그먼트와 동일한 재료로 형성된 동일한 원호 폭의 단일 영구 자석 세그먼트를 분할함으로써 다조각 세그먼트의 조각을 형성하는 단계를 더 포함하는

회전자 형성 방법.

청구항 21

제19항에 있어서,

제1 조각의 자화 방향 벡터는 제1 복수의 세그먼트의 자화 방향과 서로 다른

회전자 형성 방법.

청구항 22

전기 기계용 다중극 회전자이며,

회전자 허브와,

회전자 허브의 외주 둘레의 복수의 주 영구 자석 세그먼트와,

회전자 허브의 외주 둘레의 복수의 보극 영구 자석 세그먼트를 포함하고,

각각의 주 자석 세그먼트의 외부면은 실질적으로 원호형이고 회전자 허브에 장착될 때 회전자의 실질적 원통형 표면의 일 구획을 형성하고, 주 영구 자석 세그먼트 각각은 그 외부면에 대해 법선방향인 자기 방향 벡터를 갖는 자기장을 갖도록 반경방향으로 자화되며,

각각의 보극 자석 세그먼트의 외부면은 실질적으로 원호형이며, 회전자 허브에 장착될 때 회전자의 실질적 원통형 표면의 일 구획을 형성하고, 각각의 보극 영구 자석 세그먼트는 그 외부면에 대해 법선방향이 아닌 자기 방향 벡터를 갖는 자기장을 갖는

전기 기계용 다중극 회전자.

청구항 23

제22항에 있어서,

주 및 보극 영구 자석 세그먼트들의 원호 길이는 균일한

전기 기계용 다중극 회전자.

청구항 24

제22항에 있어서,

적어도 회전자 내의 자극들과 같은 수의 보극 영구 자석 세그먼트를 포함하는

전기 기계용 다중극 회전자.

청구항 25

제22항에 있어서,

보극 영구 자석 세그먼트의 총 수는 2개이고, 주 영구 자석 세그먼트와 보극 영구 자석 세그먼트는 2개 자극을 형성하는

전기 기계용 다중극 회전자.

청구항 26

제22항에 있어서,

보극 영구 자석 세그먼트의 총 수는 4개이고, 주 영구 자석 세그먼트와 보극 영구 자석 세그먼트는 4개 자극을 형성하는

전기 기계용 다중극 회전자.

청구항 27

제22항에 있어서,

주 영구 자석 세그먼트와 보극 영구 자석 세그먼트는 다중극을 형성하는

전기 기계용 다중극 회전자.

청구항 28

전기 기계용 2극 회전자이며,

회전자 허브와,

회전자 허브의 외주 둘레에 배치되어 회전자의 실질적 원통형 표면을 형성하는 적어도 4개의 영구 자석 세그먼트를 포함하고,

영구 자석 세그먼트들 중 적어도 4개는 자기 세그먼트를 양분하는 원통형 표면의 반경에 대해 서로 다른 배향을 갖는 자기 방향 벡터를 각각 구비하는

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 29

제28항에 있어서,

적어도 2개의 자석 세그먼트는 회전자 허브의 표면에 대해 실질적으로 법선방향의 자기 방향 벡터를 갖는

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 30

제29항에 있어서,

회전자 허브의 표면은 회전자의 반경에 대해 법선방향인

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 31

제29항에 있어서,

적어도 2개의 자기 방향 벡터는 회전자의 반경에 실질적으로 수직인

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 32

제28항에 있어서,

각각의 영구 자석 세그먼트의 원호 길이는 균일한

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 33

제28항에 있어서,

영구 자석 중 적어도 2개는 보극 자석인

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 34

전기 기계용 회전자이며,

회전자 허브와,

회전자 허브의 외주 둘레에 끝과 끝이 이어지는 상태로 배치된 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함하고,

각각의 영구 자석 세그먼트의 외부면은 원호형이고, 영구 자석 세그먼트는 총체적으로 회전자의 원통형 표면을 형성하며, 각각의 자기 세그먼트는 중심선을 포함하고, 상기 중심선은 원통형 표면의 중심으로부터 반경방향으로 자기 세그먼트를 양분하며,

복수의 자석 세그먼트는 자극을 형성하며, 상기 자극은 원통형 표면의 중심으로부터 반경방향으로 자극을 양분하는 자기 방향 벡터를 가지며, 상기 자기 방향 벡터는 복수의 자석 세그먼트 각각의 중심선으로부터 방위각방

향으로 오프셋되는
전기 기계용 회전자.

청구항 35

제34항에 있어서,
자기 방향 벡터는 복수의 자석 세그먼트 각각의 단부들로부터 방위각방향으로 오프셋되는
전기 기계용 회전자.

청구항 36

제34항에 있어서,
회전자는 2극 회전자인
전기 기계용 회전자.

청구항 37

제34항에 있어서,
회전자는 2개보다 많은 자극을 갖는
전기 기계용 회전자.

청구항 38

제34항에 있어서,
복수의 세그먼트 중 적어도 두 개의 세그먼트는 보극 세그먼트인
전기 기계용 회전자.

청구항 39

제38항에 있어서,
보극 세그먼트는 분할 보극 세그먼트인
전기 기계용 회전자.

청구항 40

전기 기계용 회전자이며,
중앙축을 갖는 회전자 허브와,
회전자 허브의 외주 둘레에 배치되어 회전자의 실질적 원통형 표면을 형성하는 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함하고,
자석 세그먼트 각각은 원통형 표면의 중심으로부터 실질적 반경방향인 자기 방향 벡터를 가지거나, 그 중 적어도 하나가 원통형 표면 또는 회전자 허브의 중심 둘레의 원호에 대한 접선에 실질적으로 평행한 것 중 적어도 하나인
전기 기계용 회전자.

청구항 41

제40항에 있어서,
원통형 표면에 대한 접선에 평행한 자기 방향 벡터를 갖는 세그먼트들은 동일한 원호 길이를 가지고, 원통형 표면의 중심으로부터 반경방향인 자기 방향 벡터를 갖는 세그먼트들은 동일한 원호 길이를 가지는

전기 기계용 회전자.

청구항 42

제40항에 있어서,

원통형 표면의 중심으로부터 반경방향인 자기 방향 벡터를 갖는 세그먼트의 원호 길이는 원통형 표면에 대한 접선에 평행한 자기 방향 벡터를 갖는 세그먼트의 원호 길이와 서로 다른

전기 기계용 회전자.

청구항 43

전기 기계용 2극 회전자이며,

회전자 허브와,

회전자 허브의 외주에 고정되어 회전자의 실질적 원통형 외부 표면을 형성하는 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함하고,

자석 세그먼트 각각은 방향 벡터 성분을 갖는 자기장을 가지고, 회전자 허브의 외주에 고정된 자석 세그먼트들의 방향 벡터 성분들은 실질적으로 평행하고 실질적으로 동일 방향으로 배향되는

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 44

제43항에 있어서,

복수의 영구 자석 세그먼트는 실질적으로 동일한 원호 폭을 갖는

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 45

제43항에 있어서,

각 자석 세그먼트의 방향 벡터 성분의 배향은 세그먼트의 원호 폭을 가로질러 균일한

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 46

제43항에 있어서,

회전자 허브의 외주에 고정된 4개 영구 자석 세그먼트를 포함하는

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 47

제43항에 있어서,

회전자 허브의 외주에 고정된 16개 영구 자석 세그먼트를 포함하는

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 48

제43항에 있어서,

자석 세그먼트는 만곡된 외향 지향 표면을 포함하는

전기 기계용 2극 회전자.

청구항 49

제43항에 있어서,

제1 자석 세그먼트의 방향 벡터 성분은 그 외향 지향 표면에 대해 제1 방향으로 배향되고, 제2 자석 세그먼트의 방향 벡터 성분은 제2 자석 세그먼트의 외향 지향 표면에 대해 제1 방향과는 다른 제2 방향으로 배향되는 전기 기계용 2극 회전자.

청구항 50

제1 및 제2 자극을 형성하는 단계로서, 각 자극은 전기 기계의 회전자의 실질적 원통형 외부 표면을 형성하도록 배열된 복수의 자석 세그먼트 내의 영구 자석 세그먼트의 자기장에 의해 형성되고, 자극을 형성하는 자기장의 방향 벡터 성분들은 실질적으로 평행한, 제1 및 제2 자극을 형성하는 단계와,

전기 기계의 고정자 내에서 자기장을 회전시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 51

제50항에 있어서,

복수의 자기장은 4개 자기장을 포함하는 방법.

청구항 52

제50항에 있어서,

복수의 자기장은 16개 자기장을 포함하는 방법.

청구항 53

제50항에 있어서,

복수의 자기장들은 실질적으로 동일한 세기로 이루어지는 방법.

청구항 54

전기 기계용 4극 회전자이며, 회전자 허브와,

회전자 허브에 고정되어 회전자의 원통형 외부 표면의 제1 원호부 및 회전자의 제1 자극을 형성하는 제1 복수의 영구 자석 세그먼트로서, 각각의 제1 자석 세그먼트는 방향 벡터 성분을 갖는 자기장을 구비하고, 회전자 허브에 고정된 제1 자석 세그먼트의 벡터 방향 성분들은 실질적으로 평행하며 실질적으로 동일한 제1 방향으로 배향되는, 제1 복수의 영구 자석 세그먼트와,

회전자 허브에 고정되어 회전자의 원통형 외부 표면의 제2 원호부 및 회전자의 제2 자극을 형성하는 제2 복수의 영구 자석 세그먼트로서, 각각의 제2 자석 세그먼트는 방향 벡터 성분을 갖는 자기장을 구비하고, 회전자 허브에 고정된 제2 자석 세그먼트의 벡터 방향 성분들은 실질적으로 평행하며 실질적으로 동일한 제2 방향으로 배향되는, 제2 복수의 영구 자석 세그먼트와,

회전자 허브에 고정되어 회전자의 원통형 외부 표면의 제3 원호부 및 회전자의 제3 자극을 형성하는 제3 복수의 영구 자석 세그먼트로서, 각각의 제3 자석 세그먼트는 방향 벡터 성분을 갖는 자기장을 구비하고, 회전자 허브에 고정된 제3 자석 세그먼트의 벡터 방향 성분들은 실질적으로 평행하며 실질적으로 동일한 제3 방향으로 배향되는, 제3 복수의 영구 자석 세그먼트와,

회전자 허브에 고정되어 회전자의 원통형 외부 표면의 제4 원호부 및 회전자의 제4 자극을 형성하는 제4 복수의 영구 자석 세그먼트로서, 각각의 제4 자석 세그먼트는 방향 벡터 성분을 갖는 자기장을 구비하고, 회전자 허브

에 고정된 제4 자석 세그먼트의 벡터 방향 성분들은 실질적으로 평행하며 실질적으로 동일한 제4 방향으로 배향되는, 제4 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함하는

전기 기계용 4극 회전자.

청구항 55

제54항에 있어서,

제1 방향은 제3 방향에 실질적으로 평행하며 반대 방향으로 배향되고, 제2 방향은 제4 방향에 실질적으로 평행하며 반대 방향으로 배향되는

전기 기계용 4극 회전자.

청구항 56

제55항에 있어서,

제1 및 제3 방향은 제2 및 제4 방향에 직교하도록 배향되는

전기 기계용 4극 회전자.

청구항 57

제55항에 있어서,

제1 원호부는 제3 원호부의 직경 방향 반대편 위치에 제공되고,

제2 원호부는 제4 원호부의 직경 방향 반대편 위치에 제공되는

전기 기계용 4극 회전자.

청구항 58

제54항에 있어서,

제1, 제2, 제3 및 제4 복수의 세그먼트는 동일한 수의 세그먼트를 포함하는

전기 기계용 4극 회전자.

청구항 59

제54항에 있어서,

제1, 제2, 제3 및 제4 복수의 세그먼트는 실질적으로 균일한 원호 폭으로 이루어지는

전기 기계용 4극 회전자.

청구항 60

제54항에 있어서,

제1, 제2, 제3 및 제4 복수의 세그먼트는 회전자의 원통형 외부 표면을 형성하도록 협력하는

전기 기계용 4극 회전자.

청구항 61

실질적으로 평행한 방향 벡터 성분들을 구비한 제1 복수의 자기장을 갖는 제1 자극을 형성하는 단계로서, 제1 복수의 자기장은 실질적 원통형 표면의 제1 사분원호를 형성하도록 배열된 제1 복수의 영구 자석에 의해 생성되는, 제1 자극 형성 단계와,

실질적으로 평행한 방향 벡터 성분들을 구비한 제2 복수의 자기장을 갖는 제2 자극을 형성하는 단계로서, 제2 복수의 자기장은 실질적 원통형 표면의 제2 사분원호를 형성하도록 배열된 제2 복수의 영구 자석에 의해 생성되는, 제2 자극 형성 단계와,

실질적으로 평행한 방향 벡터 성분들을 구비한 제3 복수의 자기장을 갖는 제3 자극을 형성하는 단계로서, 제3 복수의 자기장은 실질적 원통형 표면의 제3 사분원호를 형성하도록 배열된 제3 복수의 영구 자석에 의해 생성되는, 제3 자극 형성 단계와,

실질적으로 평행한 방향 벡터 성분들을 구비한 제4 복수의 자기장을 갖는 제4 자극을 형성하는 단계로서, 제4 복수의 자기장은 실질적 원통형 표면의 제4 사분원호를 형성하도록 배열된 제4 복수의 영구 자석에 의해 생성되는, 제4 자극 형성 단계와,

전기 기계의 고정자 내에서 자극들을 회전시키는 단계를 포함하는 방법.

청구항 62

제61항에 있어서,
자기장의 총 수는 16개 자기장을 포함하는 방법.

청구항 63

제61항에 있어서,
복수의 자기장들은 실질적으로 동일한 세기인 방법.

청구항 64

제61항에 있어서,
제1 복수의 자기장은 제2 복수의 자기장과는 다른 방향으로 배향되는 방법.

명세서

기술분야

[0001] 관련 출원에 관한 참조

[0002] 본 출원은 모든 내용이 본 명세서에 참조로 통합되어 있는, 2008년 7월 28일자로 출원된 미국 가출원 제 61/084,238호, 2008년 9월 11일자로 출원된 미국 가출원 제61/096,290호, 2009년 7월 1일자로 출원된 미국 특허 출원 제12/496,552호, 2009년 7월 1일자로 출원된 미국 특허 출원 제12/496,619호 및 2009년 7월 1일자로 출원된 미국 특허 출원 제12/496,621호에 대한 우선권을 주장한다.

배경 기술

[0003] 일부 전기 기계는 기계적 운동(예를 들어, 운동 에너지)을 전력으로 변환하거나, 전력을 기계적 운동으로 변환하거나, 양자 모두를 위해 동작한다. 예로서, 기계적 운동을 전력으로 변환(즉, 발전)하도록 동작하는 전기 기계 시스템은 원동기인 동반 장치(companion device)에 결합된 전기 기계를 포함할 수 있다. 원동기는 전기 기계에 기계적 운동을 공급하고, 전기 기계는 기계적 운동을 전력으로 변환한다. 전력을 기계적 운동으로 변환하도록 구성된 전기 기계 시스템(즉, 모터)은 동반 장치에 결합된 전기 기계를 포함하고, 이 동반 장치는 전기 기계로부터 출력되는 기계적 운동에 의해 구동된다. 특정 예들에서, 전력 및 기계적 운동 양자 모두를 생성하도록 구성된 전기 기계 시스템은 전기 기계에 의해 구동될 수 있으면서 전기 기계를 구동할 수도 있는 동반 장치(예를 들어, 원동기)에 결합된 전기 기계를 포함할 수 있다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0004] 본 발명의 한가지 양태는 전기 기계를 위한 회전자를 포함한다. 회전자는 회전자 허브와, 회전자 허브의 외주 둘레에 고정된 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함한다. 실질적으로 균일한 원호 폭(span)의 제1 복수의 영구 자석 세그먼트는 단일의 일원적 재료 조각으로 형성된다. 다조각 영구 자석 세그먼트는 두 개의 조각을 포함하며, 이 두 개의 조각 각각은 제1 복수의 영구 자석 세그먼트보다 작은 원호 폭을 갖는다. 조각들 중 하나의 자화 방향 벡터는 다조각 세그먼트 내의 적어도 하나의 다른 조각의 자화 방향 벡터와 서로 다르다.
- [0005] 본 발명의 일 양태는 전기 기계의 회전자와 함께 사용하기 위한 영구 자석 세그먼트를 포함하며, 이는 회전자의 원통형 외부 표면의 구획을 형성하도록 회전자에 장착되도록 구성될 수 있다. 영구 자석 세그먼트는 제1 자화 방향 벡터를 갖는 제1 영구 자석 구획과, 제1 자화 방향 벡터와는 다른 자화 방향 벡터를 갖는 적어도 하나의 다른 영구 자석 구획을 포함할 수 있다.
- [0006] 본 발명의 일 양태는 전기 기계용 회전자를 형성하는 방법을 포함하며, 이는 균일 원호 폭의 제1 복수의 영구 자석 세그먼트를 회전자 허브의 외주에 고정하는 단계를 포함한다. 제1 복수의 세그먼트 내의 각 세그먼트는 단일의 일원적 재료 조각으로 형성된다. 다조각 영구 자석 세그먼트는 회전자 허브의 외주에 고정된다. 다조각 세그먼트는 두 개의 조각을 포함하고, 이 두 개의 조각 각각은 제1 복수의 영구 자석 세그먼트보다 작은 원호 폭을 갖는다. 제1 조각의 자화 방향 벡터는 다조각 세그먼트의 제2 조각의 자화 방향 벡터와 서로 다르다. 특정 예들에서, 다조각 세그먼트의 일 조각은 제1 복수의 세그먼트와 동일한 재료로 형성된, 동일한 원호 폭의 단일 영구 자석 세그먼트를 분할함으로써 형성된다. 특정 예들에서, 제1 조각의 자화 방향 벡터는 제1 복수의 세그먼트의 자화 방향과 서로 다르다.
- [0007] 양태들 중 하나 이상은 이하의 특징들 중 하나 이상을 포함하거나 아무것도 포함하지 않을 수 있다. 제1 복수의 영구 자석 세그먼트의 세그먼트들 및 다조각 세그먼트들의 원호 폭은 균일할 수 있다. 또한, 회전자는 제2 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함할 수 있으며, 제2 복수의 세그먼트의 세그먼트들의 원호 폭은 제1 복수의 세그먼트의 세그먼트들의 원호 폭과 서로 다르다. 복수의 다조각 자석 세그먼트는 보극 세그먼트(interpole segment)일 수 있다. 다조각 세그먼트 내의 하나의 조각의 원호 폭은 동일 다조각 세그먼트 내의 제2 조각의 원호 폭보다 길다. 다조각 세그먼트 내의 하나의 조각은 동일 다조각 세그먼트 내의 제2 조각의 재료와는 다른 재료로 형성될 수 있다. 다조각 세그먼트의 재료는 동일 다조각 세그먼트 내의 제2 조각의 재료보다 높은 밀도를 가질 수 있다. 다조각 세그먼트의 재료는 동일 다조각 세그먼트 내의 제2 조각의 재료와는 다른 자기 특성(magnetic characteristic)을 가질 수 있다. 다조각 세그먼트 중의 적어도 하나의 조각은 제1 복수의 세그먼트 내의 일 세그먼트와 동일한 재료로 형성되고 그 원호 폭과 동일한 원호 폭을 갖는 단일 영구 자석 세그먼트로 구성될 수 있다. 다조각 세그먼트 내의 하나의 조각은 동일 다조각 세그먼트의 제2 조각의 자기 방향 벡터에 법선방향인 자기 방향 벡터를 가질 수 있다. 회전자 허브는 실질적으로 원통형인 긴 회전자일 수 있다. 회전자는 심해 작업을 위해 구성될 수 있다. 제1 영구 자석 구획 및 적어도 하나의 다른 영구자석 구획은 함께 접합될 수 있다. 적어도 하나의 다른 영구 자석 구획은 제1 영구 자석 구획보다 크기가 더 클 수 있다. 자화 벡터는 방향 성분 및 크기 성분을 포함할 수 있다. 제1 및 적어도 하나의 다른 영구 자석의 자화 벡터들은 서로 다른 방향 성분을 가질 수 있다. 제1 및 적어도 하나의 다른 영구 자석의 자화 벡터는 서로 다른 크기 성분을 가질 수 있다.
- [0008] 본 발명의 일 양태는 전기 기계를 위한 다중극 회전자를 포함한다. 다중극 회전자는 회전자 허브와 회전자 허브의 외주 둘레의 복수의 주 영구 자석 세그먼트를 포함한다. 각 주 자석 세그먼트의 외부면은 실질적으로 원호형이며, 회전자 허브에 장착될 때 회전자의 실질적 원통형 표면의 일 구획을 형성한다. 각각의 주 영구 자석 세그먼트는 그 외부면에 법선방향인 자기 방향 벡터를 갖는 자기장을 갖도록 반경방향으로 자화된다. 다중극 회전자는 회전자 허브의 외주 둘레에 복수의 보극 영구 자석 세그먼트를 포함한다. 각각의 보극 자석 세그먼트의 외부면은 실질적으로 원호형이며, 회전자 허브에 장착될 때 회전자의 실질적 원통형 표면의 일 구획을 형성한다. 각각의 보극 영구 자석 세그먼트는 그 외부면에 법선방향인 자기 방향 벡터를 갖는 자기장을 갖는다.
- [0009] 본 발명의 일 양태는 실질적 원통형 표면을 형성하도록 배열된 복수의 영구 자석 세그먼트에 관련한 방법을 포함한다. 이 방법에서, 제1 복수의 반경방향으로 자화된 자석 세그먼트에 의해 복수의 자극이 형성되고, 이 제1 복수의 반경방향으로 자화된 자석 세그먼트 각각은 원통형 표면에 관하여 반경방향인 자기 방향 벡터를 갖는다. 제2 복수의 반경방향으로 자화된 자석 세그먼트에 의해 복수의 보극이 형성되고, 이 제2 복수의 반경방향으로 자화된 자석 세그먼트 각각은 원통형 표면에 관련되지 않은 자기 방향 벡터를 갖는다. 복수의 영구 자석 세그

먼트는 전기 기계의 고정자 내에서 회전된다.

- [0010] 이들 양태 중 하나 이상은 이하의 특징들 중 일부를 포함하거나, 모두를 포함하거나, 아무것도 포함하지 않는다. 주 및 보극 영구 자석 세그먼트의 원호 길이는 균일할 수 있다. 회전자는 적어도 회전자의 자극들과 같은 수의 보극 영구 자석 세그먼트를 포함할 수 있다. 보극 영구 자석 세그먼트의 총 수는 2개이고, 주 영구 자석 세그먼트 및 보극 영구 자석 세그먼트는 2개 자극을 형성한다. 보극 영구 자석 세그먼트의 총 수는 4개이고, 주 영구 자석 세그먼트 및 보극 영구 자석 세그먼트는 4개 자극을 형성한다. 주 영구 자석 세그먼트 및 보극 영구 자석 세그먼트는 다중극을 형성할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일 양태는 전기 기계를 위한 2극 회전자를 포함한다. 2극 회전자는 회전자 허브와, 회전자 허브의 외주 둘레에 배치되어 회전자의 실질적 원통형 표면을 형성하는 적어도 4개 영구 자석 세그먼트를 포함한다. 영구 자석 세그먼트 중 적어도 4개의 영구 자석 세그먼트 각각은 자기 세그먼트(magnetic segment)를 양분하는 원통형 표면의 반경에 대해 서로 다른 배향을 갖는 자기 방향 벡터를 갖는다.
- [0012] 본 발명의 일 양태는 회전자의 실질적 원통형 표면을 형성하도록 배열된 복수의 영구 자석 세그먼트를 구비한 회전자의 2개 자극을 형성하는 방법을 포함한다. 이 방법에서, 자기장은 자기 세그먼트 중 제1 자기 세그먼트를 양분하는 반경에 대해 제1 방향으로 인가된다. 자기장은 자기 세그먼트 중 제2 자기 세그먼트를 양분하는 반경에 대해 제2 방향으로 인가된다. 자기장은 자기 세그먼트 중 제3 자기 세그먼트를 양분하는 반경에 대해 제3 방향으로 인가된다. 자기장은 자기 세그먼트 중 제4 자기 세그먼트를 양분하는 반경에 대해 제4 방향으로 인가된다.
- [0013] 이들 양태 중 하나 이상은 이하의 특징들 중 일부를 포함하거나, 모두를 포함하거나, 아무것도 포함하지 않는다. 적어도 2개의 자석 세그먼트는 회전자 허브의 표면에 실질적으로 법선방향인 자기 방향 벡터를 가질 수 있다. 회전자 허브의 표면은 회전자의 반경에 법선방향일 수 있다. 적어도 2개의 자기 방향 벡터는 회전자의 반경에 실질적으로 수직일 수 있다. 영구 자석 세그먼트 각각의 원호 길이는 동일할 수 있다. 영구 자석 중 적어도 두 개의 영구 자석은 보극 자석일 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 양태는 회전자 허브와, 회전자 허브의 외주 둘레에 끝과 끝이 이어지는 상태로 배치된 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함하는 전기 기계를 위한 회전자를 포함한다. 각 영구 자석 세그먼트의 외부면은 원호형이며, 영구자석 세그먼트는 총체적으로 회전자의 원통형 표면을 형성한다. 각 자석 세그먼트는, 원통형 표면의 중심으로부터 반경방향으로 자기 세그먼트를 양분하는 중심선을 포함한다. 복수의 자석 세그먼트는, 원통형 표면의 중심으로부터 반경방향으로 자극을 양분하는 자기 방향 벡터를 갖는 자극을 형성하며, 이 자기 방향 벡터는 복수의 자석 세그먼트 각각의 중심선으로부터 방위각 방향으로 오프셋되어 있다.
- [0015] 본 발명의 일 양태는 회전자의 실질적 원통형 표면을 형성하도록 끝과 끝이 이어지는 상태로 배열되어 있는 복수의 영구 자석 세그먼트에 관련한 방법을 포함한다. 이 방법에서, 자기장은 복수의 영구 자석 세그먼트에 의해 복수의 방향으로 인가된다. 원통형 표면의 중심으로부터 반경방향으로 자극을 양분하는 자기 방향 벡터를 갖는 자극이 형성되며, 이 자기 방향 벡터는 각각의 자기 세그먼트의 중심선으로부터 방위각 방향으로 오프셋되어 있고, 자기 세그먼트의 중심선은 원통형 표면의 중심으로부터 반경방향으로 자기 세그먼트를 양분하고 각각의 자기 세그먼트의 단부들로부터 방위각방향으로 오프셋되어 있다.
- [0016] 이들 양태 중 하나 이상은 이하의 특징 중 일부를 포함하거나 모두를 포함하거나 아무것도 포함하지 않는다. 자기 방향 벡터는 복수의 자기 세그먼트 각각의 단부로부터 방위각방향으로 오프셋될 수 있다. 회전자는 2극 회전자일 수 있다. 회전자는 2개 이상의 자극을 가질 수 있다. 복수의 세그먼트 중 적어도 2개의 세그먼트는 보극 세그먼트일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 양태는 중앙축을 갖는 회전자 허브와 회전자 허브의 외주 둘레에 배치되어 회전자의 실질적 원통형 표면을 형성하는 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함하는 전기 기계를 위한 회전자를 포함한다. 자기 세그먼트 각각은 원통형 표면에 대한 접선에 실질적으로 평행하거나, 원통형 표면의 중심으로부터 실질적으로 반경방향인 자기 방향 벡터를 갖는다.
- [0018] 본 발명의 일 양태는 회전자 허브의 외주 둘레에 배치되어 회전자의 실질적 원통형 표면을 형성하는 복수의 영구 자석 세그먼트에 관련한 방법을 포함한다. 이 방법에서, 복수의 자기장이 인가되고, 이 복수의 자기장 각각은 원통형 표면에 대한 접선에 실질적으로 평행하거나 원통형 표면의 중심으로부터 실질적으로 반경방향인 자기 방향 벡터를 갖는다.
- [0019] 이들 양태 중 하나 이상은 이하의 특징 중 일부를 갖거나, 모두를 갖거나, 아무것도 갖지 않는다. 원통형 표면

에 대한 접선에 평행한 자기 방향 벡터를 갖는 세그먼트들은 동일한 원호 길이를 가질 수 있고, 원통형 표면의 중심으로부터 반경방향인 자기 방향 벡터를 갖는 세그먼트들은 동일한 원호 길이를 가질 수 있다. 원통형 표면의 중심으로부터 반경방향인 자기 방향 벡터를 갖는 세그먼트의 원호 길이는 원통형 표면에 대한 접선에 평행한 자기 방향 벡터를 갖는 세그먼트의 원호 길이와 다를 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 양태는 전기 기계를 위한 2극 회전자를 포함한다. 2극 회전자는 회전자 허브와, 회전자 허브의 외주에 고정된 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함한다. 자기 세그먼트는 회전자의 실질적 원통형 외부 표면을 형성한다. 자기 세그먼트 각각은 방향 벡터 성분을 갖는 자기장을 갖고, 회전자 허브의 외주에 고정된 자석 세그먼트의 방향 벡터 성분들은 실질적으로 평행하고, 실질적으로 동일 방향으로 배향된다.

[0021] 본 발명의 일 양태는 실질적으로 평행한 방향 벡터 성분을 갖는 복수의 자기장을 갖는 제1 및 제2 자극이 형성되는 방법을 포함한다. 자기장은 실질적 원통형 표면을 형성하도록 배열된 복수의 영구자석에 의해 생성된다. 자극은 전기 기계의 고정자 내에서 중앙축을 중심으로 회전된다.

[0022] 본 발명의 일 양태는 전기 기계를 위한 4극 회전자를 포함한다. 회전자는 회전자 허브와, 회전자 허브에 고정된 제1 복수의 영구 자석 세그먼트를 포함한다. 제1 복수의 영구 자석 세그먼트는 회전자의 제1 자극과 회전자의 원통형 외부면의 제1 원호부를 형성한다. 각각의 자석 세그먼트는 방향 벡터 성분을 갖는 자기장을 갖는다. 회전자 허브에 고정된 자석 세그먼트의 벡터 방향 성분들은 실질적으로 평행하며 실질적으로 동일한 제1 방향으로 배향된다. 제2 복수의 영구 자석 세그먼트는 회전자 허브에 고정되고 회전자의 제2 자극과 회전자의 원통형 외부면의 제2 원호부를 형성한다. 각각의 제2 자석 세그먼트는 방향 벡터 성분을 갖는 자기장을 갖는다. 회전자 허브에 고정된 제2 자석의 벡터 방향 성분들은 실질적으로 평행하며, 실질적으로 동일한 제2 방향으로 배향된다. 제3 복수의 영구 자석 세그먼트는 회전자 허브에 고정되고, 회전자의 제3 자극과 회전자의 원통형 외부 표면의 제3 원호부를 형성한다. 각각의 제3 자석 세그먼트는 방향 벡터 성분을 갖는 자기장을 갖는다. 회전자 허브에 고정된 제3 자석 세그먼트의 벡터 방향 성분들은 실질적으로 평행하고 실질적으로 동일한 제3 방향으로 배향된다. 제4 복수의 영구 자석 세그먼트는 회전자 허브에 고정되며, 회전자의 제4 자극과 회전자의 원통형 외부 표면의 제4 원호부를 형성한다. 각각의 제4 자극 세그먼트는 방향 벡터 성분을 갖는 자기장을 갖는다. 회전자 허브에 고정된 제4 자석 세그먼트의 각각의 제4 방향 성분들은 실질적으로 평행하고, 실질적으로 동일한 제4 방향으로 배향된다.

[0023] 본 발명의 일 양태는 실질적으로 평행한 방향 벡터 성분을 갖는 제1 복수의 자기장들을 구비한 제1 자극을 형성하는 단계를 포함하는 방법을 포함한다. 제1 복수의 자기장은 실질적 원통형 표면의 제1 사분원호를 형성하도록 배열된 제1 복수의 영구 자석에 의해 생성된다. 실질적으로 평행한 방향 벡터 성분을 갖는 제2 복수의 자기장을 갖는 제2 자극이 형성된다. 제2 복수의 자기장은 실질적 원통형 표면의 제2 사분원호를 형성하도록 배열된 제2 복수의 영구 자석에 의해 생성된다. 실질적으로 평행한 방향 벡터 성분을 갖는 제3 복수의 자기장을 갖는 제3 자극이 형성된다. 제3 복수의 자기장은 실질적 원통형 표면의 제3 사분원호를 형성하도록 배열된 제3 복수의 영구 자석에 의해 생성된다. 실질적으로 평행한 방향 벡터 성분을 갖는 제4 복수의 자기장을 갖는 제4 자극이 형성된다. 제4 복수의 자기장은 실질적 원통형 표면의 제4 사분원호를 형성하도록 배열된 제4 복수의 영구 자석에 의해 생성된다. 자극들은 전기 기계의 고정자 내의 중앙축을 중심으로 회전된다.

[0024] 이 양태는 이하의 특징 중 하나 이상을 포함하거나 아무것도 포함하지 않을 수 있다. 영구 자석 세그먼트는 실질적으로 동일한 원호 폭을 가질 수 있다. 각 자석 세그먼트의 방향 벡터 성분의 배향은 세그먼트의 원호 폭에 걸쳐 균일할 수 있다. 4개 영구 자석 세그먼트가 회전자 허브의 외주에 고정될 수 있다. 16개 영구 자석 세그먼트가 회전자 허브의 외주에 고정될 수 있다. 자석 세그먼트는 만곡된 외향 지향 표면을 가질 수 있다. 제1 자석 세그먼트의 방향 벡터 성분은 그 외향 지향 표면에 대하여 제1 방향으로 배향될 수 있고, 제2 자석 세그먼트의 방향 벡터 성분은 제2 자석 세그먼트의 외향 지향 표면에 대하여 제1 방향과는 다른 제2 방향으로 배향될 수 있다. 자기장은 실질적으로 동일한 세기로 이루어질 수 있다.

[0025] 하나 이상의 구현예의 세부사항이 이하의 설명과 첨부 도면에 기재되어 있다. 상세한 설명, 도면 및 청구범위로부터 다른 특징, 목적 및 장점을 명백히 알 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1a는 예시적 전기 기계 시스템의 개략도이다.

도 1b는 해저 펌프를 포함하는 예시적 전기 기계 시스템의 단면도이다.

- 도 1c는 해저 압축기를 포함하는 예시적 전기 기계 시스템의 단면도이다.
- 도 2a는 예시적 회전자의 단면도이다.
- 도 2b는 도 2a의 예시적 회전자의 일 단부의 상세 단면도이다.
- 도 2c는 회전자의 외부 재킷 둘레에 감겨진 금속 테이프에 의해 형성된 합성 슬리브를 구비한 예시적 회전을 도시한다.
- 도 2d는 금속 합금 테이프로 형성된 회전자 슬리브를 구비한 예시적 회전자의 일 단부의 상세 단면도이다.
- 도 2e는 예시적 회전자 슬리브의 상세 절취도이다.
- 도 2f는 다른 예시적 회전자의 상세 단면도이다.
- 도 2g는 도 2e의 예시적 회전자의 상세 사시도이다.
- 도 2h 내지 도 2p는 각 자석 세그먼트와 연계된 화살표가 각 자석 세그먼트의 북극 배향을 나타내고 있는, 세그먼트형 자석들을 가지는 다양한 예시적 회전자들의 개략 단면도이다.
- 도 2q는 회전자 자석의 세그먼트에 의해 형성된 복수의 유로 채널을 도시하는 예시적 회전자의 측면도이다.
- 도 2r은 회전자 내부로의 충전재 재료의 도입을 용이하게 하기 위해 회전자 내에 형성된 홈을 구비하는 다른 예시적 회전자의 측면도이다.
- 도 2s는 환형 채널(264)이 내부에 형성되어 있고 그 단부 링 내에 입구가 형성되어 있는 다른 예시적 회전자의 측면도이다.
- 도 2t는 균일한 반경방향 자화를 갖는 자석 세그먼트 또는 자석 세그먼트 열의 단면도이다.
- 도 2u는 정확한 반경방향 자화를 갖는 자석 세그먼트 또는 자석 세그먼트 열의 단면도이다.
- 도 3a는 예시적 전기 기계의 단면도를 도시한다.
- 도 3b는 전기 기계에 사용하기 위한 예시적 고정자 코어의 사시도를 도시한다.
- 도 3c는 복수의 개별 부분으로부터 각각의 요크 부분이 형성되어 있는 2개의 인접 요크 부분을 도시한다.
- 도 3d는 도 3c의 요크 부분의 일부를 형성하기 위해 사용되는 예시적 부분을 도시한다.
- 도 3e는 고정자에 정렬 및 강성을 제공하기 위해 사용되는 도 3b의 예시적 고정자의 예시적 고정자 바아(stator bar)를 도시한다.
- 도 3f는 도 3b의 예시적 고정자의 예시적 단부판이다.
- 도 3g는 도 3b의 예시적 고정자의 일 단부의 부분 상세도이다.
- 도 3h는 도 3b의 예시적 고정자에 사용하기 위한 예시적 고정자 치형부 적층체를 도시한다.
- 도 3i는 고정자 치형부 적층체를 정렬 및/또는 부착하기 위해 각각 돌출부 및 수용부를 구비하는 2개의 인접한 고정자 치형부 적층체의 측면도를 도시한다.
- 도 3j는 인접한 고정자 치형부 적층체들은 정렬 및/또는 부착하기 위한 대안적 구조를 도시한다.
- 도 3k는 인접한 요크들 내에 형성된 채널 내에 배치된 치형부 세그먼트의 개략도이다.
- 도 3l은 고정자 둘레에 보호 배리어를 구비하는 예시적 전기 기계의 단면도이다.
- 도 3m 내지 도 3q는 보호 배리어의 예시적 구성을 예시하는 부분 단면도이다.
- 도 4a는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다.
- 도 4b는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다.
- 도 4c는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다.
- 도 4d는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다.

- 도 4e는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다.
- 도 4f는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 단부 권회부(end turn)의 개략 단부도이다.
- 도 4g는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 단부 권회부의 개략 단부도이다.
- 도 4h는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 단부 권회부의 개략 측면도이다.
- 도 4i는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 단부 권회부의 개략 측면도이다.
- 도 4j는 전기 기계를 위한 예시적 고정자의 개략 단면도이다.
- 도 4k는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 단부 권회부의 개략 단면도이다.
- 도 4l은 2개의 예시적 단부 권회부의 개략도이다.
- 도 4m은 예시적 단부 권회부의 개략도이다.
- 도 4n은 예시적 단부 권회부의 개략도이다.
- 도 4o는 예시적 단부 권회부의 개략도이다.
- 도 4p는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 단부 권회부의 개략 측면도이다.
- 도 4q는 전기 기계를 위한 예시적 단부 권회부의 개략 사시도이다.
- 도 4r은 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단면도이다.
- 도 4s는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단면도이다.
- 도 4t는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단면도이다.
- 도 4u는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단면도이다.
- 도 4v는 하나 이상의 고정자 코어 슬롯 내로의 삽입을 위한 예시적 웨지(wedge)의 사시도이다.
- 도 4w는 3위상 전기 기계의 일 위상을 위한 연결을 도시하는 배선도이다.
- 도 4x는 3위상 전기 기계의 일 위상을 위한 연결을 도시하는 배선도이다.
- 도 4y는 3위상 전기 기계의 일 위상을 위한 연결을 도시하는 배선도이다.
- 도 4z는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다.
- 도 4aa는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다.
- 도 4bb는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다.
- 도 4cc는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다.
- 도 4dd는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다.
- 도 4ee는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 단부 권회부의 개략 단부도이다.
- 도 4ff는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 단부 권회부의 개략 단부도이다.
- 도 4gg는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 단부 권회부의 개략 단부도이다.
- 도 4hh는 전기 기계를 위한 고정자의 예시적 단부 권회부의 개략 측면도이다.
- 도 4ii는 전기 기계를 위한 예시적 고정자의 개략 단면도이다.
- 도 4jj는 전기 기계를 위한 예시적 고정자 코어의 개략 단면도이다.
- 도 4kk는 전기 기계를 위한 예시적 고정자 코어의 개략 단면도이다.
- 도 4ll은 하나 이상의 고정자 코어 슬롯 내로의 삽입을 위한 예시적 웨지의 사시도이다.
- 도 4mm은 하나 이상의 고정자 코어 슬롯 내로의 삽입을 위한 예시적 웨지의 사시도이다.
- 도 4nn은 전기 기계를 위한 예시적 고정자 코어의 개략 단부도이다.

도 4oo는 하나 이상의 고정자 코어 슬롯 내로의 삽입을 위한 예시적 웨지의 사시도이다.

도 4pp는 전기 기계를 위한 예시적 고정자 코어의 개략 단부도이다.

도 4qq는 전기 기계의 고정자 슬롯을 위한 예시적 슬롯 라이너이다.

도 4rr은 슬롯 내에 배치되어 라이너 클램프에 의해 보유되어 있는 도 4qq의 슬롯 라이너를 도시하는, 전기 기계를 위한 예시적 코어의 단부도이다.

도 4ss는 슬롯 내에 배치되어 대안적 라이너 클램프에 의해 보유되어 있는 도 4qq의 슬롯 라이너를 도시하는, 전기 기계를 위한 예시적 코어의 단부도이다.

도 4tt는 전기 기계를 위한 예시적 고정자의 부분 사시도이다.

도 4uu는 전기 기계를 위한 예시적 고정자의 단부도이다.

도 4vv는 전기 기계를 위한 예시적 고정자의 부분 사시도이다.

도 4ww는 전기 기계를 위한 예시적 고정자의 부분 측면도이다.

도 4xx는 전기 기계를 위한 예시적 고정자의 부분 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 도 1a를 참조하면, 전기 기계 시스템(100)은 동반 장치(104)에 커플링된 전기 기계(102)를 포함한다. 전기 기계(102)는 동력으로부터 전력을 생성하는 발전기로서 작동하거나, 전력으로부터 동력을 생성하는 모터로서 작동하거나, 전력 생성과 동력 생성이 교대로 발생하도록 작동한다. 전력 발생시에는, 원동기가 전기 기계(102)에 동력을 제공하고 전기 기계(102)가 제공된 동력을 전력으로 변환한다. 몇몇 실시예에서, 동반 장치(104)가 원동기일 수 있다. 동력 발생시에는, 전기 기계(102)로부터 출력된 동력이 다른 장치를 구동시킬 수 있다. 몇몇 실시예에서, 전기 기계(102)가 동반 장치(104)를 구동시킬 수 있다. 몇몇 실시예에서, 전기 기계(102)는 특정 조건 하에서 원동기를 구동시켜 동력을 발생시키도록 작동한 다음, 특정 조건 하에서 원동기에 의해 구동되어 전력을 발생시키도록 전환될 수 있다. 전기 기계(102)는 주로 전력을 발생시키거나, 주로 동력을 발생시키거나, 또는 전력 발생과 동력 발생을 효율화하도록 구성될 수 있다.

[0028] 일반적으로, 전기 기계(102)는 고정 부재와 이동 부재를 포함하며, 이동 부재가 고정 부재에 대해 이동할 때 자장상의 상호 작용에 의해 전력을 발생시키거나, 및/또는 전력이 고정 부재에 인가될 때 이동 부재를 이동시킨다. 본 명세서에서는 더욱 용이한 이해를 위해, 전기 기계(102)는 이동 부재가 고정 부재, 즉 고정자(108)에 대해 회전하도록 지지된 회전자(106)인 회전식 전기 기계로서 설명된다. 회전자(106)는 동반 장치(104)를 구동시키기 위해 및/또는 동반 장치(104)에 의해 구동되도록 동반 장치(104)에 결합된다. 도 1a는 수평으로 배향된 동반 장치(104)에 결합된 수평으로 배향된 전기 기계를 도시하고 있지만, 수직으로 배향된 동반 장치에 결합된 수직으로 배향된 전기 기계가 제공되어 실시될 수 있고, 또한 다른 배향으로 제공되어 실시될 수도 있다. 또한, 다른 실시예에서, 전기 기계(102)는 다른 유형의 전기 기계일 수 있다. 예를 들면, 전기 기계(102)는 가동식 부재가 선형으로 왕복 운동하는 샤프트인 선형 전기 기계일 수 있다. 선형으로 왕복 운동하는 샤프트는 동반 장치(104)에 결합될 수 있고 및/또는 동반 장치(104)에 의해 구동될 수도 있다. 이하에서 구체적으로 설명된 바와 같이, 전기 기계(102)는 회전자(106)를 갖는 교류(AC) 동기식 영구 자석(PM) 전기 기계이며, 회전자는 영구 자석과 고정자(108)를 포함하며, 상기 고정자는 코어를 중심으로 복수개로 형성된 케이블 권선을 포함한다. 다른 실시예에서, 전기 기계는 회전자와 고정자 모두가 권선을 포함하는 AC 동기식 유도 기계와 같은 다른 유형의 전기 기계이거나 다른 유형의 전기 기계일 수 있다. 몇몇 실시예에서, 전기 기계(102)는 하우징(110)에 의해 유지되어 하우징 내에 내장된다. 하우징(110)은 동반 장치(104)로부터 완전히 분리되거나, 동반 장치(104)로부터 분리 및 결합되거나, 동반 장치(104)와 부분적으로 또는 완전히 공유될 수 있다(즉, 전기 기계(102)와 동반 장치(104)가 공동 하우징에 의해 유지되어 공동 하우징 내에 내장될 수 있다).

[0029] 몇몇 실시예에서, 전기 기계 시스템(100)은 해저 작업용으로 구성되어 공해상에서[즉 유정(well) 또는 파이프라인의 외부에서] 수중 작업이 가능하도록 구성된 해저용 전기 기계일 수 있다. 이를 위해, 하우징(110)은 하우징(110)의 내부와 주변 환경(예컨대, 주변 해수) 사이에서 유체의 통과를 시일링하는 압력 용기이다. 하우징(110)은 전기 기계 시스템(100) 주변의 주위 압력(ambient pressure)과, 주변 환경에 의해 가해지는 열부하와, 전기 기계(102) 및 동반 장치(104)의 작동시에 발생하는 압력 및 열부하에 견딜 수 있도록 구성된다. 하우징

(110)은 내부식성을 갖는 재료, 예를 들면 스테인리스 강, Special Metals Corporation에 의해 상표 등록된 인코넬(Inconel)과 같은 니켈 합금 및/또는 다른 재료로 제조될 수 있다. 하우징(110)은 추가적으로 또는 대안적으로 부식성을 갖는 재료, 예를 들면 인코넬, 에폭시, 폴리에테르에테르케톤(polyetheretherketone), 에틸렌 클로로트리플루오로에틸렌(ethylene chlorotrifluoroethylene)으로 도금되거나 코팅될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 하우징(110)은 내부식성을 돕도록 (도시되지 않은) 애노드(anode)를 유지할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 하우징(110)은 [예컨대, 가이드 콘(guide cone)을 수납하는 가이드 튜브에 의해] 다른 해저용 구조부와 정렬되어 결합되는 스킨드(skid) 또는 다른 구조부에 결합될 수 있다.

[0030] 동반 장치(104)가 원동기인 경우에, 동반 장치는 다수개의 다른 가능한 장치를 포함할 수 있다. 예를 들면, 원동기는 유체(가스/액체) 유동을 역학적 에너지로 변환하도록 작동될 수 있는 하나 이상의 유체 모터와, 공기/연료 혼합물을 연소시켜 연소로부터 발생된 에너지를 역학적 에너지로 변환하도록 작동될 수 있는 가스 터빈 시스템과, 내연 기관, 및/또는 다른 유형의 원동기를 포함할 수 있다. 동반 장치(104)가 전기 기계(102)에 의해 구동되는 경우에, 동반 장치는 다수개의 다른 가능한 장치를 포함할 수 있다. 예를 들면, 동반 장치(104)는 하나 이상의 회전 펌프 및/또는 왕복 펌프와, 회전 압축기 및/또는 왕복 압축기와, 혼합 장치, 또는 다른 장치를 포함할 수 있다. 펌프의 일부 실례로서는 원심 펌프, 액시얼 펌프(axial pump), 로터리 베인 펌프, 기어 펌프, 스크루 펌프, 로브 펌프, 추진 공동형 펌프(progressive cavity pump), 왕복 용적형 펌프(reciprocating positive displacement) 또는 플린저 펌프, 다이어프램 펌프, 및/또는 다른 유형의 펌프를 포함한다. 압축기의 일부 실례로서는 원심 압축기, 액시얼 압축기, 로터리 베인 압축기, 스크루 압축기, 왕복 용적형 압축기, 및/또는 다른 유형의 압축기를 포함한다. 전기 기계(102)는 둘 이상의 동반 장치(104)에 동시에 결합될 수 있다.

[0031] 단일의 동반 장치(104)가 도시되어 있지만, 전기 기계(102)는 [장치(104)에 의해 구동되거나 및/또는 구동시키기 위해] 둘 이상의 동반 장치(104)에 결합될 수도 있다. 몇몇 실시예에서, 하나 이상의 동반 장치(104)가 전기 기계(102)의 각각의 단부에 제공될 수 있다. 예를 들면, 두 개의 동반 장치(104)를 구비한 구조에서, 하나는 전기 기계(102)의 일 단부에 제공될 수 있고, 다른 하나는 전기 기계의 대향 단부에 제공될 수 있다. 다른 실시예에서, 두 개의 동반 장치(104)를 구비한 구조에서, 하나는 전기 기계(102)의 일 단부에 제공될 수 있고, 다른 하나는 제1 동반 장치에 결합될 수 있다. 또한, 다수개의 동반 장치(104)가 제공되는 경우에, 이들 장치 모두가 동일한 유형의 동반 장치일 필요는 없다.

[0032] 도 1b는 동반 장치(104a)가 전기 기계(102a)에 의해 구동되는 펌프인 예시적인 전기 기계 시스템(100a)을 도시하고 있다. 1개의 펌프 동반 장치(104a)가 도시되어 있다. 다른 실시예에서, 보다 많은 펌프 동반 장치(104a)가 제공될 수 있다. 예를 들면, 2개의 동반 장치(104a)가 [예컨대, 이하에 도시된 압축기 동반 장치(104b)와 유사한 구조로] 전기 기계(102a)의 대향 단부에 제공될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 2개 이상의 펌프 동반 장치(104a)가 전기 기계(102a)의 대향 측면에 제공될 수 있다. 예시적인 전기 기계 시스템(100a)은 해저 작업용으로 구성되어 공해상에서[즉, 유허(well)의 외부에서] 수중 작업을 수행한다. 다시 말해서, 예시적인 전기 기계 시스템(100a)은 해저용 펌프 시스템이다.

[0033] 하우징(110a)은 하우징(110a)의 내부와 주변 환경(예컨대, 주변 해수) 사이에서 유체 통과가 시일링된 압력 용기이다. 몇몇 실시예에서, 하우징은 회전자(106)와 고정자(108) 모두에 연통하는 열 전달 유체로 채워진다. 몇몇 실시예에서, 열 전달 유체는 거의 대부분이 액상이거나 및/또는 전체가 액상인 액체를 포함할 수 있다. 열 전달 유체는 물, 모노에틸렌 글리콜(monoethylene glycol; MEG), 모노프로필렌 글리콜(monopropylene glycol; MPG), 오일, 펌프 동반 장치(104a)에 의해 펌핑되는 유체와 유사하거나 동일한 유체, 및/또는 다른 유체를 포함할 수 있다. 본 명세서에서 유체가 열 전달 유체로서 언급되었지만, 유체는 전기 기계(102a)와의 열 전달을 제공하는 기능 이외에 다른 기능을 수행할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 유체는 베어링 표면을 윤활하게 하고 및/또는 다른 기능을 수행한다. 몇몇 실시예에서, 열전달 유체는 펌프 동반 장치(104a)에 의해 도달된 최대 작동 압력보다 높은 압력으로 유지된다. 펌프 동반 장치(104a)에 의해 도달된 최대 작동 압력보다 높은 압력으로 열전달 유체가 유지되기 때문에, 전기 기계(102a)와 펌프 동반 장치(104) 사이에서 열전달 유체가 펌프 동반 장치(104a) 쪽으로 누출되기 쉽다. 몇몇 실시예에서, 열전달 유체의 압력은 열전달 유체가 전기 기계 시스템(100a)을 통해 순환할 시에 발생하는 압력보다 대체로 큰 압력량으로 인해 전기 기계 시스템(100a)의 외부에서 대기압보다 높다. 하우징(110a)은 전기 기계(102a)의 구동 단부 부근에 플랜지(112)를 가진다. 플랜지(112)는 볼트 및/또는 다른 체결구에 의해 동반 장치(104a)에, 예를 들면 동반 장치(104a)의 대응 플랜지(124)에 시일링식으로 결합된다. 몇몇 실시예에서, 시일(예컨대, 링 개스킷, O-링 및/또는 다른 시일)이 플랜지(112)와 플랜지(124) 사이에 제공될 수 있다. 도 1b는 전기 기계(102a)의 하우징(110a)이 펌프 동반 장치(104a)의 하우징(148)에 직접 부착된 밀폐 커플형 해저 펌프 시스템을 도시하고 있다. 다른 실시예에서, 해저

용 펌프 시스템은 전기 기계와 동반 장치가 공통 하우징 및/또는 공통 샤프트를 갖는 통합형 구조의 펌프 시스템일 수 있다. 예를 들면, 일부 공통 하우징 구조에서, 전기 기계와 동반 장치 모두를 수납한 하우징 본체는 (체결구의 제거에 의해 분리가 용이하지 않은) 단일편일 수 있다. 일부 공통 하우징 구조에서, 전기 기계의 회전자는 동반 장치의 구동 샤프트와 일체로 구성될 수 있다(즉, 체결구의 제거 또는 장치 커플링의 해체에 의해 분리가 용이하지 않게 구성될 수 있다). 다른 실시예에서, 해저용 펌프 시스템은 펌프 동반 장치(104a)의 하우징으로부터 완전히 분리되는(즉, 이에 결합되지 않거나 및/또는 대충 결합되어 있는) 전기 기계(102a)의 하우징을 갖는 비통합형 구조일 수 있다.

[0034] 도시된 바와 같은 하우징(110a)은 4개의 주요 부분으로 구성되며, 상기 4개의 주요 부분은 하우징 본체(114)와, 전기 기계(102a)의 구동 단부 부근에 마련된 구동 단부 플레이트(116a)와, 전기 기계(102a)의 대향하는 구동 단부에 마련된 비구동 단부 플레이트(118a)와, 비구동 단부 플레이트(118a)에 인접하여 하우징 본체(114)의 단부에 마련된 단부 캡(119)을 포함한다. 몇몇 실시예에서, 하우징(110a)은 소수 또는 더 많은 요소로 구성될 수 있다. 하나 이상의 시일(120, 예컨대 개스킷, O-링 및/또는 다른 시일)이 하우징(110a)으로 및/또는 이로부터 유체의 통로를 시일링하도록 단부 캡(119)과 하우징 본체(114) 사이에 제공될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 시일은 구동 단부 플레이트(116a)와 하우징 본체(114) 사이에 및/또는 비구동 단부 플레이트(118a)와 하우징 본체(114) 사이에 추가적으로 또는 선택적으로 제공될 수 있다. 회전자(106)의 구동 스템(stub; 117a)은 구동 단부 플레이트(116a)를 통해 연장되어, 동반 장치(104a)에 동력을 전달한다.

[0035] 단부 플레이트(116a, 118a)는 회전자(106)가 고정자(108)의 회전축을 중심으로 회전하도록 회전자를 수용하여 지지하는 베어링(122)을 보유한다. 베어링(122)은 다수개의 다른 가능한 유형의 베어링일 수 있고, 구동 단부 플레이트(116a)에 의해 지지된 베어링의 개수 및 형태는 비구동 단부 플레이트(118a)에 의해 지지된 베어링의 개수 및 형태와 다를 수 있다. 베어링(122)은 하나 이상의 저널 베어링[예컨대, 틸트 패드(tilt pad) 저널 베어링 및/또는 다른 유형의 저널 베어링], 자기 베어링(예컨대, 미국특허 제6,700,258호, 미국특허 제6,727,617호, 미국특허공개공보 제2002/0175578호에 공지된 바와 같은 자기 베어링 및/또는 다른 유형의 자기 베어링), 하이브리드 자기 베어링, 볼 베어링, 및/또는 다른 유형의 베어링을 포함할 수 있다. 하나 이상의 베어링(122)은 스러스트 베어링(thrust bearing; 예컨대 틸트 패드 스러스트 베어링 및/또는 다른 유형의 스러스트 베어링)이다. 몇몇 실시예에서, 비구동 단부 플레이트(118a)는 하우징(110a)에 대해 회전자(106)를 축방향으로 보유하기 위해 적어도 하나의 축방향 베어링 또는 스러스트 베어링과, 하우징(110a)에 대해 회전자(106)를 반경방향으로 지지하기 위해 적어도 하나의 반경방향 베어링을 포함하며, 구동 단부 플레이트(116a)는 하우징(110a)에 대해 회전자(106)를 반경방향으로 지지하기 위해 적어도 하나의 반경방향 베어링을 포함한다.

[0036] 고정자(108)는 일반적으로 원통형이고, 고정자의 외경은 하우징(110a)에 대해 고정자(108)를 지지하도록 하우징(110a)의 내경에 밀착하여 수납된다. 고정자(108)의 외경은 하우징(110a)에 대해 고정자(108)를 회전방향으로 고정(affix)하기 위해 (양형 수용부에 수납되는 돌출형 수형 키를 이용하여) 키형으로 제작되거나, 볼트에 의해 결합되거나, 및/또는 하우징(110a)의 내경에 고정될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 고정자(108)는 하우징(110a)에 볼트 결합되거나 및/또는 부착되는 단부 링(126)에 의해 축방향으로 보유된다. (도면의 간략화를 위해 하나만 도시된) 하나 이상의 페너트레이터(penetrator; 128)는 유체 및/또는 전력이 하우징의 내부와 연통하도록 하우징(110a)을 관통하여 제공되고 하우징에 시일링되거나 실질적으로 시일링된다. 몇몇 실시예에서, 예를 들어 3 위상 전기 기계(102a)와 관련하여, 전력전자 시스템(즉, 전기 기계의 제어 시스템)으로부터 고정자(108)의 권선으로 전기 전도를 수행하도록 적어도 3개의 페너트레이터(128)가 제공된다. 다른 페너트레이터(128)는 하우징(110a)으로부터 누출된 임의의 열전달 유체를 보충하기 위해 열전달 유체 공급원에 결합된 도관을 포함할 수 있다.

[0037] 회전자(106)의 비구동 단부는 하우징(110a)의 열전달 유체를 외부 열교환기(132)를 통해 순환시키는 유체 순환 펌프(130)를 보유한다. 펌프(130)는 회전자(106)의 비구동 단부에 결합되어 회전자(106)를 회전시킨다. 펌프(130)는 덮개형 또는 비덮개형 원심 임펠러 펌프, 레이디얼 임펠러 펌프, 로터리 베인 펌프, 기어 펌프, 스크루 펌프, 로버 펌프 및/또는 다른 유형의 펌프를 포함하여 다수개의 다른 유형의 펌프일 수 있다. 몇몇 실시예에서, 외부 열교환기(132)는 하우징(110a)의 외부 둘레에 나선형으로 감긴 연속성 도관을 포함한다. 외부 열교환기는 전기 기계(102a)의 구동 단부 부근에 출구를 가지며 펌프(130) 부근에 입구를 가진다. 펌프(130)는 열전달 유체를 비구동 단부 플레이트(118a)의 포트(134)를 통해 외부 열교환기(132)로 펌핑한다. 유체는 고정자(108)와 회전자(106) 사이의 간극과 고정자(108)와 하우징(110a) 사이의 간극을 통해 고정자(108)를 지나 전기 기계(102a)의 구동 단부 쪽으로 유동한다. 열전달 유체가 고정자(108) 및/또는 회전자(106)보다 온도가 낮은 경우에, 유체는 고정자(108) 및/또는 회전자(106)로부터 열을 흡수한다(즉, 냉각시킨다.) 몇몇 실시예에서, 사

프트 구동 순환 펌프가 구동 단부에 장착된 경우, 전기 기계(102a)의 구동 단부에 있는 유체는 열교환기(132)로 유동하여 나선형 코일을 통해 순환되면서 냉각되고, 고정자(108)와 회전자(106) 사이의 간극과 고정자(108)와 하우징(110a) 사이의 축방향 간극을 통해 고정자(108)를 지나 전기 기계(102a)의 비구동 단부로 복귀된 다음 펌프(130)로 회귀하며, 이런 순환은 반복된다. 다른 실시예에서, 유체가 순환하는 고정자(108)와 하우징(110a) 사이의 간극은 생략될 수 있다. 전기 기계 시스템(100a)이 해저용인 경우, 해수는 열교환기(132)의 나선형 코일을 통해 순환하는 열전달 유체의 냉각에 기여한다. 하우징(110a) 내의 열전달 유체를 냉각시키는 것처럼 도시되어 있지만, 동반 장치에 따라 작용하는 공정 유체를 외부 열교환기(132)가 추가적으로 또는 대안적으로 수용하여 냉각시킬 수 있다. 또한, 이하 설명된 바와 같이, 하우징(110a) 내의 열전달 유체와 공정 유체는 동일한 것일 수 있다. 몇몇 실시예에서, 열교환기(132)는 하우징(110a) 내로부터의 유체를 냉각시키기 위해 사용될 수 있고, (도시되지 않은) 추가의 외부 열교환기가 동반 장치에 의해 작용하는 공정 유체를 수용하여 냉각시키도록 하우징(110a) 부근에 제공될 수 있다.

[0038] 펌프 동반 장치(104a)가 다수의 다른 유형의 펌프일 수 있지만, 도 1b는 다단계 원심 펌프를 도시하고 있다. 펌프 동반 장치(104a)의 중심 구동 샤프트(142a)에 배열된 8개의 원심 임펠러(140a)가 도시되어 있다. 다른 실시예에서, 보다 적은 또는 보다 많은 개수의 임펠러가 제공될 수 있다. 구동 커플링(144)에 의해 회전자(106)의 구동 스테브(117a)에 결합된 구동 샤프트(142a)가 도시되어 있다. 구동 커플링(144)은 구동 샤프트(142a)와 구동 스테브(117a)의 수형 단부를 내부로 수납하는 2개의 암형 단부를 갖는 것으로 도시되어 있지만, 다른 실시예에서 구동 커플링(144)은 구동 샤프트(142a)와 구동 스테브(117a)에 제공된 암형 수용부에 수납된 수형 커플링일 수 있다. 몇몇 실시예에서, 구동 스테브(117a)와 구동 샤프트(142a)를 결합하는 방법은 수형 구동 커플링과 암형 구동 커플링 구조를 조합하는 것과, 및/또는 다른 구조들을 조합하는 것을 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 구동 샤프트(142a)는 회전자(106)에 일체형으로 구성될 수 있다[즉, 커플링, 기어 박스, 스크루 나사 또는 다른 기계적 연결부를 갖지 않고 회전자(106)에 단일 부재로서 구성될 수 있다]. 구동 샤프트(142a)는 동반 기계 하우징(148)에 고정된 펌프 본체(146a)에 보유되는 베어링(122)에 지지된다. 전술한 바와 같이, 베어링(122)은 다수개의 다른 가능한 유형의 베어링일 수 있고, 베어링의 개수 및 유형은 구동 샤프트(142a)를 따라 상이한 위치에서 다를 수 있다. 베어링(122)은 하나 이상의 저널 베어링(예컨대, 틸트 패드 저널 베어링 및/또는 다른 유형의 저널 베어링), 자기 베어링, 하이브리드 자기 베어링, 볼 베어링 및/또는 다른 유형의 베어링을 포함할 수 있다. 하나 이상의 베어링(122)은 스러스트 베어링(예컨대, 틸트 패드 스러스트 베어링 및/또는 다른 유형의 베어링)이다. 몇몇 실시예에서, [구동 커플링(144)에 가장 가까운] 구동 샤프트(142a)의 구동 단부는 펌프 본체(146a)에 대해 구동 샤프트(142a)를 축방향으로 보유하기 위해 적어도 하나의 축 또는 스러스트 베어링과, 동반 기계 하우징(148)에 대해 구동 샤프트(142a)를 반경방향으로 지지하는 하나 이상의 레이디얼 베어링을 포함하며, 구동 샤프트(142a)의 비구동 단부는 동반 기계 하우징(148)에 대해 구동 샤프트(142a)를 반경방향으로 지지하는 적어도 하나의 레이디얼 베어링(radial bearing)을 포함한다. 시일(120)은 원심 임펠러(140a)로부터 전기 기계(102a)로 유체의 유동을 시일링하거나 대체로 시일링하도록 구동 샤프트(142a) 주변에 제공될 수 있다.

[0039] 동반 기계 하우징(148)은 입구(150)를 포함하며, 펌핑된 공정 유체는 상기 입구를 통해 원심 임펠러(140a)와 연통한다. 원심 임펠러(140a)의 회전은 유체를 동반 기계 하우징(148)의 출구(152) 쪽으로 펌핑한다. 다른 실시예에서, 임펠러(140a)가 기계 하우징(148)을 통해 출구(152)로부터 유체 유동을 생성하여 입구(150)를 통해 배출시킬 수 있도록 유체 유동이 역전될 수 있다.

[0040] 전기 기계 시스템(100a)의 작동시에, 3위상 AC 전류가 페너트레이터(128)를 거쳐 전기 기계(102a)의 고정자(108)에 공급될 수 있다. 전류는 고정자(108)의 권선을 따라 흘러, 회전자(106)를 회전시킨다. 회전자(106)의 회전은 펌프 동반 장치(104a)의 구동 샤프트(142a)를 구동시켜 공정 유체를 입구(150)로부터 출구(152)로 펌핑한다. 또한, 회전자(106)의 회전은 유체 순환 펌프(130)를 구동시켜 유체를 전기 기계(102a)의 비구동 단부로부터 열교환기(132)로, 즉 고정자(108)를 지나 고정자(108)와 회전자(106) 사이의 간극을 통해 구동 단부 쪽으로, 이어서 전기 기계(102a)의 비구동 단부 쪽으로 펌핑한다. 전기 기계(102a)의 비구동 단부 부근의 유체는 열교환기(132)로 유동하여 전기 기계(102a)의 구동 단부로 열교환기(132)의 나선형 코일을 통과하면서 냉각된다. 샤프트 구동 유체 순환 펌프의 구조에 따라, 이와 달리 유체는 반대 방향으로[즉, 열교환기(132)를 통해 비구동 단부 쪽으로] 유동할 수 있다.

[0041] 도 1c는 동반 장치가 압축기(104b)인 예시적인 전기 기계 시스템(100b)을 도시하고 있다. 도 1c에서, 예시적인 전기 기계 시스템(100b)은 전기 기계(102b)의 대향 단부에 배열된 2개의 압축기 동반 장치(104b)를 포함한다. 다른 실시예에서, 보다 적은 또는 보다 많은 개수의 압축기 동반 장치(104b)가 제공될 수 있다. 몇몇 실시예

서, 2개 이상의 펌프 동반 장치(104a)가 전기 기계(102a)의 대향 측면에 제공될 수 있다. 예시적인 전기 기계 시스템(100b)은 해저 작업용으로 구성되어 공해상에서 [즉, 유정의 외부에서] 수중 작업을 수행한다. 다시 말하면, 예시적인 전기 기계 시스템(100b)은 해저용 압축기 시스템이다.

[0042] 일반적으로, 전기 기계 시스템(100b)의 구조는 전술된 전기 기계 시스템(100a)의 구조와 유사하다. 도 1c는 전기 기계(102)가 카트리리지 형태로 설치/제거되도록 구성된 시스템(100b)을 도시하고 있다. 이를 위해, 고정자(108) 및 회전자(106)를 포함하여 전기 기계(102)의 전부 또는 대부분이 하우징(110b)에 수납된 중간 하우징(115)에 보유된다. 전기 기계(102) 구성요소를 보유하는 중간 하우징(115)은 유닛 또는 카트리리지로서 메인 하우징(110b)에 설치되거나 이로부터 제거될 수 있다. 카트리리지 형태의 설치/제거는 전기 기계(102)를 메인 하우징(110b)에 하나씩 조립/분해할 필요가 없기 때문에, 전기 기계(102)의 수리 또는 교체를 단순화한다. 또한, 전기 기계(102)는 중간 하우징(115)에 조립될 수 있고 메인 하우징(110b)에 설치되기 전에 테스트될 수 있다.

[0043] 또한, 주목할 만한 점은, 하우징(110b)의 내부가 압축기 동반 장치(104b)가 작동하는 공정 유체와 연통한다는 것이다. 따라서, 전기 기계 시스템(100b)이 작동하는 동안 전기 기계의 구성요소는 공정 유체에 노출된다. 공정 유체는 압축기 동반 장치(104b)에 의해 압축되었기 때문에 압력 상태에 있다. 몇몇 실시예에서, 공정 유체는 전기 기계 시스템(100b)을 통해 순환하는 과정에서 발생된 압력보다 대체로 큰 압력량에 의해 전기 기계 시스템(100b)의 외부 주변의 주위 압력보다 높은 압력 상태에 있다. 몇몇 실시예에서, 연통은 압축기 동반 장치(104b)의 구동 샤프트(142b) 주변의 시일을 제거하거나 이에 불안정한 시일을 제공함으로써, 및/또는 압축기 동반 장치(104b)로부터 다른 유체 연통 경로를 제공함으로써 이루어질 수 있다. 회전자(106)와 고정자(108) 사이의 간극으로 공정 유체의 연통을 용이하게 하기 위해 포트(154)가 단부 플레이트(116b, 118b)에 추가로 제공될 수도 있다. 또한, 전기 기계(102b)에 통합형 유체 순환 펌프(130)가 제공되지 않을 수도 있다.

[0044] 몇몇 실시예에서, 열 교환용 유체 및 다른 공정 유체를 포함하여 전기 기계의 작동에 사용되는 유체는 하나 이상의 전기 기계(102b)의 구성요소에 부식성, 반응성 및/또는 유해성을 갖는 성분을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로 이하 설명된 바와 같이, 회전자(106)와 고정자(108)는 공정 유체에 대한 노출에 대해 보호될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 보다 구체적으로 이하 설명된 바와 같이, 회전자(106) 및/또는 고정자(108)는 공정 유체에 대한 노출에 대해 시일링되거나 및/또는 보호 코팅에 의해 코팅처리될 수 있다.

[0045] 압축기 동반 장치(104b)가 다수의 다른 유형의 압축기일 수 있지만, 다단계 원심 압축기가 도 1c에 도시되어 있다. 압축기 동반 장치(104b)의 중심 구동 샤프트(142b)에 배열된 8개의 원심 임펠러(140b)가 도시되어 있다. 다른 실시예에서, 보다 적은 또는 보다 많은 개수의 임펠러가 제공될 수 있다. 전술한 바와 같이, 구동 커플링(144)에 의해 회전자(106)의 구동 단부에 결합된 구동 샤프트(142b)가 도시되어 있다. 다른 실시예에서, 구동 샤프트(142b)는 회전자(106)에 일체형으로 구성될 수 있다[즉, 커플링, 기어 박스, 스크루 나사 또는 다른 기계적 연결구를 갖지 않고 회전자(106)와 단일 부품으로서 구성될 수 있다].

[0046] 도 1c는 자기 베어링(122)을 포함하는 전기 기계 시스템(100b)을 도시하고 있다. 몇몇 실시예에서, 회전자(106)의 일단은 단부 플레이트(118b)에 보유된 축방향 및 반경방향 자기 베어링(122)에 의해 될 수 있고, 회전자(106)의 타단은 단부 플레이트(116b)에 보유된 반경방향 자기 베어링(122)에 의해 지지될 수 있다. 다른 종래의 베어링, 예를 들면 카트리리지 볼 베어링 및/또는 다른 유형의 베어링이, 부차적으로 및/또는 만일의 경우를 대비하여 회전자(106)의 지지를 제공하도록 제공될 수 있다. 또한, 동반 장치(104b)에는 압축기 본체(146b)에 보유되는 자기 베어링(122)이 제공될 수도 있다.

[0047] 전기 기계 시스템(100b)의 작동시에, 3위상 AC 전류가 페너트레이터를 거쳐 전기 기계(102b)의 고정자(108)에 공급된다. 전류는 고정자(108)의 권선을 따라 흘러, 회전자(106)를 회전시킨다. 회전자(106)의 회전은 압축기 동반 장치(104b)의 구동 샤프트(142b)를 구동시켜 공정 유체를 입구(150)로부터 출구(152)로 압축한다. 공정 유체의 일부는 하우징(110b)의 내부와 연통하고, 이에 의해 공정 유체는 고정자(108)를 지나 고정자(108)와 회전자(106) 사이의 간극을 통해 순환한다. 유체가 열교환기(132)의 나선형 코일을 통과하여 유동함으로써 열교환기(132)를 냉각시키기 위해 유체의 추가 유동이 제공될 수 있다.

[0048] 도 2a는 모터 및/또는 발전기와 같은 전기 기계 시스템에 사용되는 예시적인 회전자(200)의 단면을 도시하고 있다. 회전자(200)는 전술한 회전자(106)처럼 사용될 수 있다. 또한, 회전자(200)의 시행은 해저 및/또는 부식 환경에서 작업하도록 구성될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 회전자(200) 및 회전자 구성요소들의 일부가 내부식성을 가지도록 인코넬(Inconel), 에폭시, 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 에틸렌 클로로트리플루오로에틸렌 공중합체로 코팅되거나 처리될 수 있고, 및/또는 다른 처리 과정을 거칠 수 있다. 회전자(200)는 회전자 허브(202)와 회전자 샤프트(206)를 갖는 회전자 코어를 포함할 수 있다. 회전자 허브(202)는 전기 기계 시스템에 제공된 고

정자와 자기를 통해 상호 작용하도록 위치된 영구 자석(204)을 지지하도록 구성된다. 자석(204)은 회전자 허브(202)에 접합되거나 연결될 수 있다. 고에너지 영구 자석(204)으로서는, 예를 들면 네오디뮴-철-붕소계 자석이거나, 또는 사마륨 코발트계 자석이 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 영구 자석(204)은 회전자 허브(202)에 접합된다. 회전자(200)의 회전축을 형성하는 회전자 샤프트(206)가 제공될 수 있다. 회전자 샤프트(206)는 회전자 허브(202)의 양 단부로부터 축방향으로 연장된다. 회전자 샤프트(206)는 복수개의 샤프트 세그먼트로부터 단일 편으로 또는 모듈식으로 구성될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 회전자의 냉각을 촉진하거나, 전기 기계를 통한 유체의 유동을 용이하게 하기 위해, 회전자 허브를 포함하는 회전자 샤프트(206)가 중공일 수 있다. 또한, 회전자(200)는 회전자의 내부를 통해 유체를 연통시키도록 회전자의 내부를 통과하는 하나 이상의 냉각 통로(217)를 포함할 수 있다. 도 2a에는 회전자 허브(202)의 주연 표면으로부터 진입하여 회전자의 중앙을 관통하는 중앙 통로(217)가 도시되어 있다.

[0049] 회전자 슬리브(212)는 전체 회전자(200)의 외부 표면, 또는 회전자(200)의 일부, 가령 회전자 허브(202) 및 자석(204)을 수납하도록 제공될 수 있다. 회전자 슬리브(212)는 회전자 허브(202)와 같은 회전자 구성요소를 보호하고 회전자 구성요소에 대한 구조적 지지를 제공할 수 있는 재료로 제조될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 회전자 슬리브(212)는 탄소 섬유 복합재, 아라미드 섬유 복합재[예컨대, I.E. Dupont De Nemours에 의해 상표 등록된 케블라 (Kevlar)] 또는 유리 섬유 복합재와 같은 섬유 강화 복합재, 금속(예컨대, 인코넬, 스테인리스 강, SPS Technologies, Inc.에 의해 상표 등록된 MP35N 및/또는 다른 금속), 및/또는 다른 재료로 구성될 수 있다. 예를 들면, 슬리브 커버링(212)은 슬리브 커버링에 위치된 자석(204)과 회전자 허브(202)를 반경방향으로 지지하도록 제공되어, 회전자(200)가 고속으로 회전하는 동안 회전자 허브(202)로부터 자석(204)이 이탈되거나 헐거워지는 것을 방지한다.

[0050] 몇몇 실시예에서, 슬리브(212)는 회전자(200) 및 회전자 구성요소들을 외부 요소들로부터 보호하기 위해 제공될 수도 있다. 예를 들면, 해저 및/또는 부식 환경에 노출되도록 구성된 회전자의 경우에, 슬리브(212)는 회전자 구성요소들을 시일링하기 위해 기밀식으로 또는 수밀식으로 구성될 수 있다. 예를 들면, 회전자(200)가 배치된 전기 기계 시스템은 회전자(200)에 유해한 열전달 유체, 공정 유체, 및/또는 다른 유체들을 내장할 수 있다. 슬리브(212)는 부식되기 쉽거나 유체와의 접촉에 부정적인 회전자(200)의 이들 부분을 커버링하여 격리시킬 수 있다.

[0051] 몇몇 실시예에서, 회전자(200)는 회전자 요소들과, 적어도 회전자 허브(202)를 시일링하도록 회전자(200)에 회전자 슬리브(212)를 장착하는 기술을 포함할 수 있다. 도 2b의 실례에 도시된 바와 같이, 회전자(200)는 회전자 허브(202)의 일단 또는 양단에 위치되어 회전자 샤프트(206)에 동축을 이루며 장착되는 단부 링(end ring; 214)을 포함할 수 있다. 본 실시예에서, 회전자 허브(202) 상에 위치된 자석(204)에 축방향 지지를 제공하도록 반경 방향으로 연장된 회전자 허브(202)의 단부에 단부 링(214)의 내부 표면이 접하도록, 단부 링(214)은 회전자(200)에 접합되거나 부착된다. 단부 링(214)은 회전자 허브(202)의 각각의 단부에 위치된다. 단부 링(214)은 금속 재료(예컨대, 인코넬, MP35N 및/또는 다른 재료)로 제조될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 재료는 자기 회전자 허브(202)의 전자기 기능을 증가시키도록 또는 전자기 기능의 간섭을 회피하도록 재료의 강자성 특성을 위해 선택될 수 있다. 또한, 일부의 실시예에서, 단부 링(214)은 전기도금(galvanization) 또는 아노다이징(anodization)을 통해 내부식성을 갖도록 구성될 수 있다. 다른 실시예에서, 단부 링(214)은 회전자 허브(202) 자체에 내장되거나 이에 일체형으로 구성될 수 있다. 예를 들면, 회전자 허브(202)에는 자석을 장착하기 위한 인셋(inset)이 제공될 수 있고, 따라서 허브의 단부 구획은 인셋보다 큰 직경을 가진다.

[0052] 레지(217)는 단부 링(214)의 외경에 주연 방향을 따라 제공될 수 있다. 레지(217)는 단부 링(214)의 외경 둘레에 단부 처리 스트립(220)의 위치설정을 위한 랜딩 플랫폼(landing platform)으로서 제공되며, 단부 처리 스트립(220)은 원통형 또는 후프형으로 형성된다. 몇몇 실시예에서, 얇은 단부 처리 스트립(220)의 외경은 자석(204)이 장착된 회전자 허브(202)의 직경과 동일하거나 또는 대체로 동일하다. 단부 처리 스트립(220)은 슬리브(212)에 접합될 수 있는 복합 재료일 수 있다. 몇몇 실시예에서, 단부 처리 스트립(220)과 슬리브(212)는 상호 유사한 재료, 가령 프리프레그 탄소 섬유(pre-impregnated carbon fiber) 또는 다른 재료로 구성된다. 레지(217)의 표면에 위치되는 시일(222; 예컨대, O-링, 개스킷 및/또는 다른 시일)을 제공하도록 주연 홈(221)이 단부 링(214)의 레지(217)에 제공될 수도 있다. 시일(222)은 단부 링(214)과, 단부 링의 레지(217) 둘레에 권취된 단부 처리 스트립(220) 사이를 시일링하거나 또는 대체로 시일링한다. 몇몇 실시예의 경우, 주연 홈(221)은 (이하 설명되는 바와 같이) 단부 링(214)이 회전자(200)에 설치되기 전에 및/또는 후에 단부 링(214) 상에 기계 가공 처리될 수 있다.

[0053] 일 예에서, 슬리브(212)는 회전자 허브(202)의 단부와 인접하도록 샤프트(206) 상에 단부 링(214)을 활주시키고

그리고/또는 나사 결합시킴으로써 회전자(200)에 밀봉될 수 있다. 일정한 경우에, 시일(예컨대, O-링, 가스켓 및/또는 다른 시일) 및/또는 시일[예컨대 스프레드 시일, 샤프트(206)와 단부 링(214) 사이의 접합부에 적용된 시일 및/또는 다른 시일]은 샤프트(206)와 단부 링(214) 사이에 제공될 수 있다. 시일(222)은 단부 링(214)을 샤프트(206)에 위치 설정하여 연결하기 이전 또는 이후에 단부 링(214)에 위치 설정될 수 있다. 단부 링(214)이 샤프트(206) 상에 나사 결합되는 경우에, 단부 링(214)의 각 스프레드는 회전자(200)가 정상 작동에서 회전될 때 단부 링(214)이 샤프트(206)에 조여지도록 배향될 수 있다. 몇몇 경우에, 단부 링(214)은 접착제를 이용하여 회전자 허브(202)에 추가적으로 부착될 수 있다.

[0054] (예컨대, 나사 결합, 용접 및/또는 이와 달리) 단부 링(214)을 샤프트(206)에 견고하게 연결한 후, 단부 처리 스트립(220)은 레지(217) 상에 단부 링(214)의 외부 직경에 위치 설정된다. 이후, 단부 처리 스트립(220)은 단부 링(214) 상에 스트립(220)을 위치 설정하기 위해 레지(217) 상에 권선될 수 있거나, 레지(217) 상의 위치 내로 단부 링(214) 위에서 간단히 활주될 수 있다. 단부 링(214)과 함께, 시일(222) 및 적소의 단부 처리 스트립(220), 슬리브(212)의 구성이 완성될 수 있다. 슬리브(212)를 회전자 허브(202) 상에 그리고 단부 처리 스트립(220)의 상부에 권선하거나 달리 견고하게 랩핑하는 것은 레지 표면(217) 상으로 반경방향 아래로 단부 처리 스트립(220)을 누를 수 있어서, 스트립(220)이 단부 링(214) 상으로 타이트하게 수축되게 한다. 이어서, 이 압력은 스트립(220)과 단부 링(214) 사이에 시일을 형성하도록 시일(222)을 홈(221) 내로 압축시킨다. 슬리브(212)가 회전자(200) 상으로 권선될 때, 슬리브(212)는 스트립(220)에 접합된다. 이러한 접합은 스트립(220)과 단부 링(214) 사이의 시일을 슬리브(212)로 연장하여, 이에 의해 슬리브(212)에 의해 덮여진 회전자 허브(202)를 시일링한다. 일정한 경우에, 슬리브가 회전자(200) 상에 랩핑되고 스트립(220)에 접합되는 동안 스트립(220)을 단부 링(214)에 고정하도록 클램프가 사용될 수 있다. 부가적으로, 온도 민감성이 더 작은 접합을 허용하기 위해 스트립(220)의 슬리브(212)에의 접합이 상승 온도에서 발생할 수 있다.

[0055] 슬리브를 회전자 조립체에 시일링하는데 다른 기술이 사용될 수 있다. 예컨대, 몇몇 실시예에서, 단부 처리 스트립(220), 시일(222) 및 시일 홈(221)이 생략될 수 있다. 몇몇 경우에, 슬리브는 회전자 허브(202)와 단부 링(214)의 원주면 상에 견고하게 권선될 수 있다. 슬리브(212)는 폴리에테르에테르케톤(PEEK)과 같은 열가소성 재료가 함침된 탄소 섬유로 제조될 수 있다. 또한, PEEK와 같은 열가소성 재료는 슬리브(212)가 허브 조립체에 권선되기 이전에, 단부 링(214)의 외경에 적용되거나 사전 코팅될 수 있다. 회전자 조립체의 연삭이 요구될 수 있는 경우, 사전 코팅된 단부 링(214)에는, 연삭 이후 그리고 슬리브(212)가 단부 링(214)과 회전자 허브 조립체 양자 모두 위에 권선되기 이전에 예컨대 PEEK(또는 다른 재료)로 형성되는 코팅이 단부 링(214)에 남아있도록 충분한 재료가 제공된다. 슬리브가 PEEK-코팅된 단부 링과 접촉한 상태에서, 슬리브를 단부 링에 접합하도록 열 또는 압력이 적용될 수 있어서, 슬리브(212)의 각 단부에 PEEK로 시일을 형성시키고, 이에 의해 잠재적으로 위험한 외부 유체 및/또는 다른 재료와의 접촉으로부터 슬리브에 의해 덮여진 회전자 허브, 자석 세그먼트 및 다른 구성요소를 격리시킨다.

[0056] 슬리브(212)가 회전자(220) 상에 랩핑된 후, 2차 단부 링(215)은 단부 링(214)과 인접하도록 샤프트(206) 상에 활주되고 그리고/또는 나사 결합될 수 있다. 2차 단부 링(215)은 슬리브(212) 직경과 실질적으로 동일한 직경을 갖고, (재료 제거 또는 추가에 의해) 밸런싱하는 회전자에 위치를 제공하고 그리고/또는 슬리브(212)의 외부면을 보호하도록 기능을 한다. 일정한 경우에, 시일(예컨대, O-링, 가스켓 및/또는 다른 시일) 및/또는 시일[예컨대 스프레드 시일, 샤프트(206)와 2차 단부 링(215) 사이의 접합부에 적용된 시일 및/또는 다른 시일]은 샤프트(206)와 2차 단부 링(215) 사이에 제공될 수 있다. 부가적으로, 2차 단부 링(215)과 단부 링(214) 사이의 접합부는 수지 및/또는 접착제로 충전될 수 있다[이에 따라, 2차 단부 링(215)을 단부 링(214)에 부착시키고 충전함]. 2차 단부 링(215)이 샤프트(206) 상에 나사 결합되는 경우에, 2차 단부 링(215)의 각 스프레드는 회전자(200)가 정상 작동에서 회전될 때 2차 단부 링(215)이 샤프트(206)에 조여지도록 배향될 수 있다. 일정한 경우에, 2차 단부 링(215)의 외향 에지는 둥글 수 있거나, 링의 외부면은 2차 단부 링(215) 위에서 유체 유동을 용이하게 하도록 (외향하는 직경이 더 작은) 원추형일 수 있다.

[0057] 몇몇 실시예는 2차 단부 링(215)에 더하여 또는 그 대신에 슬리브(212)의 단부를 보호하기 위해 부가적인 축정을 사용할 수 있다. 예컨대, 복합체 슬리브(212)보다 마모 및 다른 손상에 대해 큰 저항성을 갖는 재료(예컨대, 비자성 금속, 세라믹, 폴리머 및/또는 다른 재료)로 구성되는 관형 밴드는, 슬리브(212)의 상단에 동심원으로 회전자 허브의 각 단부에 위치 설정될 수 있다. 결과적으로, 관형 밴드는 슬리브의 단부를 덮을 수 있어서, 이에 의해 회전자(200)의 작동 중에 발생할 수 있는 부식, 마모 또는 다른 손상으로부터 슬리브의 단부를 보호한다. 도 2c와 도 2d에 도시된 또 다른 실시예에서, 관형 밴드는 회전자 슬리브(212)의 외부면 주위에 랩핑되고 회전자 샤프트(206) 상에 위치 설정된 단부 링(미도시)에 접합되어 슬리브(229)를 형성하는 얇은 비자

성 금속 합금 테이프(223)[예컨대, 니켈 합금(예컨대, 인코넬(Inconel), 비자성 스테인리스 강, 티타늄 및/또는 다른 금속]으로 대체될 수 있다. 몇몇 경우에, 금속은 내부식성일 수 있다. 몇몇 실시예에서, 테이프(223)의 인접한 랩들(laps) 사이에서 전류가 순환하는 것을 방지하기 위해 절연 코팅 및/또는 표면 처리가 테이프(223)에 적용될 수 있다. 코팅 및/또는 표면 처리의 몇몇 예로는 산화, 애노드 처리, 포스페이팅/크로메이트/실리케이트 코팅[예컨대, 미국 시험 재료 학회(ASTM) A976 C-4 및/또는 C-5] 및/또는 다른 코팅을 포함한다. 몇몇 실시예에서, 슬리브(229)는 회전자 슬리브(212)의 에지를 넘어서 축방향으로 연장될 수 있다.

[0058] 일 실시예에서, 테이프(223)의 일 조각의 제1 단부는 제1 슬리브 단부(225)에 인접한 단부 링에 접합될 수 있다. 테이프(223)는 레이저 용접, 저항 용접, TIG 용접, 화학적 접합 또는 임의의 접합 방법을 사용하여 단부 링에 접합될 수 있다. 테이프(223)는 슬리브 단부를 덮고 회전자(200)의 모든 작동 조건에서 테이프(223)와 회전자 슬리브(212) 사이에 양압을 유지하기 위해, 적절한 장력으로 회전자 슬리브의 상부에 권선될 수 있다. 얻어진 테이프 권선부(223)는 회전자 슬리브의 외부면을 가로질러 버트 랩(butt laps)에 놓여질 수 있어서, 테이프 랩핑(223)의 두께를 최소화하는 평활 표면을 가져온다. 다른 장점 중에서, 얇은 합금 테이프 랩핑(223)은 회전자(200) 또는 상응하는 전기 기계의 자기장의 결과로서 금속성 테이프에 나타나는 기생 진류뿐만 아니라 기생 질량을 최소화할 수 있다. 다른 실시예는 회전자 슬리브를 보강하고 보호하기 위해 다양한 테이프 재료뿐만 아니라 다른 권선 기술을 사용할 수 있다. 슬리브의 제2 단부(227)를 덮도록 회전자 허브(202)를 가로질러 테이프를 권선할 때, 일 편의 테이프(223)의 제2 단부는 대향 단부 링에 접합될 수 있다. 몇몇 경우에, 예컨대 버트 랩 권선부에서, 잉여 테이프는 단부 링의 에지에서 끝날 수 있다. 잉여 테이프는 테이프 권선부(223)를 완성하기 위해 단부 링 면들과 동일 평면에 있도록 다듬어진다.

[0059] 도 2e는 예시적인 슬리브(212)의 상세한 절단된 단면도이다. 슬리브(212)는 특정한 회전자 실시예, 예컨대 섬유 강화 복합체에 요구되는 구조 특성, 저항 특성 및/또는 화학적 특성을 갖는 임의의 재료로 제조되거나 구성될 수 있다. 슬리브(212)는 다수의 기능을 할 수 있다. 예컨대, 해저 및/또는 부식성 환경 회전자 실시예에서, 슬리브(212)는 외부 요소에 대한 노출로부터 회전자 허브를 시일링할 뿐만 아니라, 회전자 허브에 대한 구조적 지지와 부식 보호를 제공할 수 있는 복합체 재료로 구성될 수 있다. 회전자(200)의 가열은 슬리브 또는 회전자 요소들 중 하나 이상의 열 팽창을 야기할 수 있다. 가열이 회전자에 걸쳐 균일하지 않은 경우에, 회전자 슬리브 및 회전자의 일부 구획은 다른 구획에 비해 차동적으로 팽창할 수 있다. 차동 열 팽창은 슬리브(212) 상에 차별적이고 잠재적인 손상의 응력을 야기할 수 있다. 응력은 기본 회전자 구조의 차동 팽창으로부터 또는 슬리브 자체의 차동 열 팽창으로 인해 발생할 수 있다. 따라서, 아래에 기술된 슬리브 구성은 다른 이점들 중에서, 슬리브 및 회전자 자체의 양자 모두를 더 균일하게 제어할 수 있고 그리고/또는 수용할 수 있다.

[0060] 회전자 슬리브(212)의 몇몇 경우에, 탄소 섬유와 같은 섬유 강화 복합체 슬리브 재료가 사용될 수 있다. 일정한 경우에, 도 2e의 예에 도시된 것과 같이, 슬리브는 다층 구조일 수 있다. 도 2e는 다층 섬유 강화 복합체 슬리브 랩핑(212)을 도시한다. 상부 층(224)(또는, 일정한 경우에 층)은 미학적 층이다. 이들 층은 또한 기능적 특징을 가질 수 있다. 예컨대, 한 방향 또는 다중 방향으로 차동 열 팽창을 제어할 뿐만 아니라 강도 및 강성을 달성하기 위해, 층은 동일한 방향으로(예컨대 한 방향으로의 최대 강도) 또는 다양한 배향(다중 방향으로의 강도)으로 모두 또는 우세적으로 지향되는 섬유를 가질 수 있다.

[0061] 일정한 경우에, 중간 층(226)은 미학적 층(224) 아래에[즉, 회전자(200)의 외주면에 더욱 근접하게] 층상으로 된 제1 주 축방향으로 지향된 탄소 섬유 복합체 층일 수 있다. 층(226)은 매우 강한 축방향 지지를 제공할 수 있을 뿐만 아니라 부식 및 누설 보호를 제공할 수 있는 프리프레그(pre-impregnated) 탄소 섬유 복합체 시트다. 층(226) 아래에 위치 설정된 층(228)은 주로 원주방향으로 지향된 프리프레그 탄소 섬유 테이프를 갖는 하나 이상의 탄소 섬유 복합체 재료 층일 수 있다. 층(228)과 같은 원주방향으로 지향된 탄소 섬유를 갖는 층은 상당한 축방향 강도를 제공하지 않고 대신에 원주방향 강도를 제공한다. 부가적으로, 원주방향으로 배향된 탄소 섬유 층은, 반경방향의 열 팽창을 제어하는 것에서 유용한 반면, 축방향의 팽창을 제한하는 유용성에 대해서는 덜 효과적이다. 층(230)은 하부의 주로 축방향으로 지향된 탄소 섬유 층이고, 일정한 경우에 프리프레그 탄소 섬유 복합체 시트로부터 만들어진다. 층(230)과 같은 축방향으로 배향된 층은 구조적 및 열 팽창 지지의 양자 모두 면에서, 원주방향으로 지향된 탄소 섬유 층의 구조적 결함을 제거할 수 있다. 이에 따라, 몇몇 경우에 중간 층(226) 및 바닥 층(230)은 실질적으로 축방향으로 강화된 복합체 섬유를 가질 수 있고, 층(228)은 본질적으로 원주방향으로 강화된 복합체 섬유를 갖는다.

[0062] 층(230)은 회전자(200)의 모두 또는 일부를 덮으면서, 회전자(200), 회전자 허브(202), 회전자 허브 자석(204) 및/또는 단부 링(214)과 직접적으로 접촉하도록 랩핑될 수 있다. 일정한 경우에, 층(230)과 회전자(200) 사이에 부가 층이 제공될 수 있다. 또한, 층들(224, 226, 228 및 230) 사이에 부가 층이 제공될 수 있다. 사실상,

일정한 경우는 유사하거나 상이한 배향 및 순서로 층들(224, 226, 228, 230)의 반복된 층상 구조를 이용할 수 있다. 축방향으로 지향된 층 및 원주방향으로 지향된 층에 대하여 전술되었을지라도, 층들(224, 226, 228, 230) 중 하나 이상의 배향은 비-축방향 및/또는 비-원주방향으로 지향될 수 있다. 예컨대, 층들(224, 226, 228, 230) 중 하나 이상은 축방향에 대해 45도, 30도 및/또는 또 다른 각도로 배향될 수 있다. 사실상, 몇몇 경우에, 섬유 강화 복합체 내의 섬유는 동일 방향으로 배향될 필요가 없다. 이에 따라, 몇몇 경우에 섬유 강화 복합체는 주로 축방향 또는 원주방향 중 하나로 섬유를 갖는 축방향 지지 및 원주방향 지지를 위해 선택될 수 있다. 이러한 경우에서, 층은 하나의 배향 또는 치수로 지향된 섬유가 또 다른 치수의 것보다 더 큰 밀도를 가질 수 있다.

[0063] 다층 구조 슬리브(212)의 층들을 형성하는 재료는 균일할 필요가 없다. 일정한 경우에, 하나 이상의 층 재료는 작동 동안에 열 팽창으로 인한 주위 슬리브(212) 뿐만 아니라 회전자 허브(202), 자석(204) 상의 응력을 최소화하기 위해 선택될 수 있다. 이러한 응력을 최소화하기 위한 하나의 기술은 슬리브(212)가 회전자(200)의 작동 온도에서 내부 회전자 구성요소와 함께 축방향으로 팽창되도록 슬리브(212)를 구성하는 것이다.

[0064] 회전자(200), 회전자 구성요소 및 슬리브 층은 회전자 및 슬리브에 사용되는 재료의 열팽창률(CTE)에 따라 팽창된다. 이에 따라, 회전자 슬리브(212) 재료는 회전자 슬리브(212)에 의해 덮여질 회전자(200)의 일부 또는 회전자 구성요소의 CTE와 유사한 CTE를 갖도록 선택되고 그리고/또는 설계된다. 예컨대, 섬유 강화 복합체 회전자 슬리브에서, 회전자 슬리브를 형성하기 위해 채용되는 섬유 및/또는 수지는, 회전자 샤프트(206), 회전자 허브(202) 및/또는 자석(204) 재료의 CTE와 동일하거나 실질적으로 동일하거나 보완(complimenting)하거나 달리 일치하는 CTE를 갖는 복합체 슬리브 재료를 만들도록 선택될 수 있다. 일치하는 CTE는, 다른 이점들 중에서, 슬리브(212)에서 램핑된 회전자 구성요소의 팽창과 함께 슬리브(212)가 팽창되게 할 수 있다.

[0065] 몇몇 경우에, 슬리브 층 또는 회전자 구성요소에서 바람직한 CTE를 달성하기 위해, 슬리브 또는 회전자 구성요소에 사용된 재료는 얻어진 슬리브 또는 회전자 구성요소의 순수 CTE에 영향을 미치기 위해 더 높거나 더 낮은 CTE를 갖는 다른 재료로 도핑될 수 있다. 예컨대, 탄소 섬유 슬리브 층의 수지는 탄소 섬유 슬리브 층의 CTE가 슬리브에 의해 덮여진 회전자 구성요소, 예컨대 회전자 허브(202)에 장착된 네오디뮴-철-붕소계 또는 사마륨-코발트계 자석의 CTE와 일치하도록 도핑될 수 있다. 더욱이, 섬유 강화 슬리브에 사용된 섬유의 밀도는 슬리브 또는 슬리브 층의 순수 CTE를 설계하기 위해 또한 조절될 수 있다. 일정한 경우, 축방향 배향 층, 원주방향 배향 층 및/또는 다른 배향 층을 포함하는 하나 이상 층은 슬리브(212)에 의해 덮이도록 회전자(200)의 관련 부분에 일치되는 순수 CTE를 갖는 슬리브를 설계하기 위해 가변 CTE에 의해 선택될 수 있다. 일정한 경우에, CTE-불일치 슬리브층은 슬리브(212)에서 CTE-일치 슬리브 층에 더하여 제공될 수 있다. 예컨대, 회전자 허브(202) 표면에 가장 근접한 슬리브 층은 회전자 허브 또는 회전자 허브 구성요소의 CTE에 일치하는 CTE로 선택될 수 있는 한편, 외부 슬리브 층 재료는 구조적 지지, 파열 저항 또는 부식 저항과 같은 다른 고려사항에 기초하여 선택될 수 있다.

[0066] 몇몇 실시예에서, 슬리브(212)에 의해 덮여질 회전자(200)의 CTE는 예컨대 회전자 내에 또는 회전자(200) 상에 채용되는 회전자 요소에 따라 회전자(200)에 걸쳐 변할 수 있다. 차동 CTE를 갖는 회전자는 회전자를 덮는 슬리브뿐만 아니라 회전자에서의 차동 열 팽창을 야기할 수 있다. 이에 따라, 몇몇 실시예에서, 회전자 슬리브는 덮여질 회전자 부분에서 가변 CTE에 대응하도록, 예컨대 슬리브의 길이에 걸친 차동 도핑에 의해 차동 CTE를 갖도록 설계될 수 있다.

[0067] 도 2f와 도 2g는 예시적인 회전자 슬리브(212)의 또 다른 실시예를 도시한다. 도 2f는 다층 구조 회전자 슬리브(212)의 상세한 단면도를 도시한다. 도 2g는 도 2f에 도시된 슬리브의 상세한 사시도이다. 일 세트의 외부 층(232, 234)은 일 세트의 분절(segmented) 층(236, 238, 239, 240)과 함께 슬리브(212)에 제공될 수 있다. 외부 층(232, 234)은 축방향으로, 원주방향으로 그리고/또는 이와 달리 배향된 층을 포함하는 하나 이상의 복합체 층을 포함할 수 있다. 분절 층(236, 238, 239, 240)은 별개의 후프(hoop)형 층이다. 분절 층은 다른 분절 층과 독립적으로 팽창하고 수축할 수 있다. 차동 온도가 차동 열 팽창 또는 수축을 가능하게 만드는 경우, 분절 층(236, 238, 239, 240)은 차동 온도 영역들에서 팽창하거나 수축할 수 있고, 확대 또는 수축으로부터의 관련 힘들을 다른 분절 층, 외부 층(232, 234) 또는 슬리브(212)로 일반적으로 전파할 수 없다.

[0068] 일정한 경우에, 분절 층(236, 238, 239, 240)은 회전자(200)의 자석(204a, 204b, 204c, 204d)의 원주방향 세그먼트부(segmentation)를 통합하는 슬리브(212)에서의 폭 및 위치를 가정할 수 있다. 예컨대, 도 2f에 도시된 바와 같이, 원주방향으로 분절된 자석(204)을 갖는 회전자에서, 분절 층(236, 238, 239, 240)은 각 분절 층이 자석의 하나 이상의 원주방향 열과 정렬되기 위해 자석(204a, 204b, 204c, 204d) 중 하나 이상의 자석의 원주방

향 세그먼트부와 정렬하도록 위치 설정된다. 이는 각 분절 층(236, 238, 239, 240)의 열 팽창 및 수축이 그의 아래에 위치 설정된 자석 열(204a, 204b, 204c, 204d)의 열 팽창 및 수축에 의해 영향을 받게 할 수 있다. 도 2f 및 2g의 예가 단일 자석 열에 대응하는 축방향 폭을 갖는 분절 층을 도시하고, 분절 층은 자석 세그먼트의 1 개보다 많은 열에 대응하고 덮을 수 있다. 더욱이, 분절 층(236, 238, 239, 240)은 후프 층 아래에 위치 설정된 자석 세그먼트에 구조적 지지를 제공하기 위해, 주로 원주방향으로 지향된 섬유를 갖는 섬유 강화 복합체 후프일 수 있다. 몇몇 경우에, 자석 세그먼트는 (예컨대, 회전자가 고속으로 회전하는 동안) 더욱 큰 열 팽창 및 구조적 취약성에 종속될 수 있어, 이 책임을 제한하도록 추가적 반경방향 지지를 요구한다.

[0069] 예시된 예에서, 자석(204a)에서의 온도는 자석(204c)에 온도보다 높을 수 있다. 자석 열들(204a 및 204c) 간의 온도차는 자석 열(204c)에서 겪는 열 팽창보다 더 큰 열 팽창을 겪는 자석(204a)을 가져올 수 있다. 이에 따라, 자석 열(204a)과 정렬되어 위치된 분절 층(236)은 자석 열(204c)과 정렬되어 위치된 분절 층(239)보다 더 팽창할 수 있다. 간극은 세그먼트 열의 팽창이 또 다른 분절 층을 방해하지 않도록 분절 층들(236, 238, 239, 240) 사이에 존재할 수 있다. 부가적으로, 하나 이상의 후프 세그먼트에 대응하여 차동 열 팽창으로부터 얻어지는 분절 층 위에 위치된 층(232, 234)에서의 팽창 힘은 대응하는 후프 세그먼트에 또는 근처에 집중될 수 있어, 영향을 받은 후프 세그먼트들 사이의 간극을 포함한다. 예컨대, 상기 예에서, 층(232, 234)으로 전달된 열 팽창 힘은 인접한 후프 세그먼트들(236 및 238; 238 및 239; 239 및 240) 사이의 간극에 집중될 수 있다.

[0070] 분절 층은 단일 슬리브 층을 이용하여 또한 성취될 수 있다. 예컨대, 슬리브 층은 슬리브 층의 길이에 걸쳐 변하는 강도 특성을 가질 수 있다. 슬리브 층 강도의 변화는 자석 세그먼트 열과 같은 요소들과 정렬될 수 있어서, 최대 강도의 영역은 차동 열 팽창이 더욱 되고 최대 강화를 요구하는 로터의 영역과 정렬된다. 예컨대, 물리적 특성을 변화시키는 다중 층은 밴드형 강도 구획을 갖는 슬리브를 형성하도록 그룹화될 수 있고, 구획들 사이의 간극은 구획들 자체와 상이한 강도 또는 열 팽창 특성을 나타낸다. 한가지 방법으로 이는 가변 열팽창률(CTE)을 갖는 슬리브를 제조함으로써 달성될 수 있다. 부가적으로, 일정한 경우에, 자석 세그먼트 열(204a, 204b, 204c, 204d)과 정렬된 분절 층(236, 238, 239, 240) 또는 분절 후프는 그의 아래에 위치 설정된 자석(204a, 204b, 204c, 204d)의 CTE와 일치하는 CTE를 갖는 재료로 구성될 수 있다.

[0071] 도 2a, 도 2f 및 도 2g는 축방향으로 분절된 자석(204)을 갖는 회전자 허브(202)의 예를 도시하는 한편[세그먼트 경계부가 회전자 허브(202)의 축방향 본체를 따라 원주방향 평면에 형성됨], 자석(204)은 허브 본체(202)의 길이에 걸쳐 축방향으로 연장하는 단일 부재 자석으로 수행될 수 있다. 부가적으로, 자석은 도 2e에 도시된 바와 같이 원주방향으로 분절될 수 있다(세그먼트 경계부가 반경방향-축방향 평면에 형성됨). 그러나, 자석을 분절시키는 것은, 일정 자석이 분절 편으로서 실행하기에 더 적당하고 용이한 것과 같이 유리할 수 있다. 부가적으로, 분절 자석(204)은 회전자의 전기 및 전자기 특징을 변경할 수 있어서, 몇몇의 회전자 적용물에서 기능적으로 바람직할 수 있다.

[0072] 도 2h 내지 도 2p는 예시적인 회전자 허브(202)의 단면도이다. 균일하거나 불균일한 강도의 자석(204)은 예컨대 회전자 허브(202)로부터 자석(204)을 전기 절연시키고 회전자 허브(202)에 접합하거나 접합하는 것을 개선하고 그리고/또는 다른 이유를 위해, 중간 재료를 통해 회전자 허브(202)의 외부면에 그리고/또는 회전자 허브(202)에 직접적으로 장착될 수 있다. 일정한 경우에, 중간 재료는 접착제(예컨대, 아크릴 접착제 및/또는 다른 접착제), 전기 절연성 테이프, 땀납 재료, 반응성 나노필름 및/또는 또 다른 재료를 포함할 수 있다. 일정한 경우에 틈새 필러 재료(interstitial filler material)는 회전자 허브(202) 및/또는 자석(204) 사이의 공간을 충전하기 위해 회전자(200)에 적용된다. 일례의 재료는 스테인리스강 퍼티(putty)(예컨대, ITW Devcon에 의해 제조된 스테인리스강 퍼티) 및/또는 다른 재료를 포함한다. 일정한 경우에, 슬리브(212)의 설치 이전의 회전자(200)는 자석(204), 회전자 허브(202) 및/또는 단부 링(214) 사이의 모든 간극이 충전되는 것을 보장하고 유체 진입에 대해 추가로 보호하도록 예폭시 수지에 담기거나 잠긴다.

[0073] 일정한 경우에 틈새 필러 재료는 허브 조립체 내에 진공을 제공하면서 회전자 허브 조립체 내로 도입될 수 있다. 예컨대, 일단 자석 세그먼트(204)가 회전자 허브(202)에 장착되었다면, 자석(204) 및 회전자 허브(202)는 일회용 슬리브(예컨대, 폴리머 백 및/또는 다른 슬리브)에 둘러싸일 수 있고, 슬리브는 회전자 허브 조립체의 양단부에서 시일링될 수 있다. 진공은 회전자 허브(202) 및/또는 자석들(204) 사이의 공극에 있는 가스를 포함하여, 슬리브 내에 공기 및/또는 다른 가스("가스들")를 제거하도록 작동 가능하다. 사전-축매화된 낮은 점성의 열경화성 수지는 회전자 허브 조립체 내의 빈 공간에 침투하기 위해 일회용 슬리브 내로 진입될 수 있다. 수지의 경화 시에, 일회용 슬리브는 제거될 수 있다. 그 후에, 회전자의 제조는 회전자 허브 조립체 주위에 보호성 회전자 슬리브(212)로 랩핑하는 것을 포함하여, 재개될 수 있다.

- [0074] 몇몇 실시예에서, 회전자 슬리브(212) 자체는 이전 예의 일회용 슬리브 대신에 사용될 수 있다. 막을 수 있는 입구는 단부 링(214) 각각에 제공되어서, 진공 펌프가 허브 조립체의 일 단부에 연결되게 하고 고압 펌프가 타 단부에 연결되게 한다. 진공 펌프는 슬리브(212)에 의해 시일링되는 허브 조립체로부터의 공기를 비운다. 허브 조립체의 내측으로부터 공기가 제거된 상태에서, 고압 펌프는 허브 조립체에서 공극에 수지를 주입할 수 있다. 단부 링 입구는 막아질 수 있고, 수지는 허브 조립체 내부를 시일링하도록 경화될 수 있다. 이후, 후속 제조 작동이 수행될 수 있다.
- [0075] 기술된 기술 또는 다른 기술을 이용하여 회전자 허브 조립체 내의 공극을 충전하는 것을 용이하게 하기 위해, 허브 및/또는 자석 세그먼트에는 허브(202)와 자석 세그먼트(204) 사이의 공극 내로 필러 재료를 안내하는 유동 경로 채널이 제공될 수 있다. 도 2q 및 도 2r은 이러한 특징부의 예를 도시한다. 예컨대, 도 2q는 허브(202)에 장착된 복수의 자석 세그먼트(204)를 갖는 회전자 허브(202)를 포함하는 회전자 허브 조립체(201)를 도시한다. 자석 세그먼트(204)는 자석 세그먼트(204)가 허브(202)에 장착될 때 형성되는 유동 경로 채널(258)을 가져오는 기하학적 구조를 취하도록 각각 형성된다. 이러한 채널(258)은 공극이 인접한 자석 세그먼트들(204) 사이의 영역과 같이 보이기 쉬운, 허브(202)와 자석 세그먼트(204)의 이들 영역과 정렬될 수 있다. 몇몇 경우에, 도 2r에 도시된 바와 같이, 부가적 홈(260)은 유동 경로(258)를 제공하기 위해, 자석 세그먼트(204)의 기하학적 구조에 더하여 또는 그 대신에 허브(202) 상에 제공될 수 있다.
- [0076] 조립체의 단부 링은 또한 필러 재료의 유동을 안내하는데 사용될 수 있다. 도 2s에 도시된 바와 같이, 회전자 허브에 인접하여 설정된 단부 링(214)의 내부면에는, 회전자 허브 조립체 주위에 그리고 회전자 허브 주위에 위치 설정된 공극 또는 다른 유동 경로 채널 내로 필러 재료를 안내하도록 작동 가능한 환형 채널(262)이 제공될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 채널(262)과 연통하는 입구(264)는 단부 링(214)에 제공될 수 있다. 입구(264)는 허브 조립체 내의 공극 내로 필러 재료를 이송하고 유도하도록 단부 링(214)에 하나 이상의 진공 펌프 또는 주입 펌프를 결합시키는데 사용될 수 있다.
- [0077] 회전자 허브(202) 상의 자석의 치수 및 배향은 허브(202) 주위에 자석 세그먼트의 실린더를 실질적으로 형성하도록 기능할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 자석 세그먼트의 외부면은, 일단 자기 세그먼트가 허브(202)에 장착되면 연삭할 것을 요구할 수 있다. 자기 세그먼트의 외부면을 연삭하는 것은 실질적으로 균일한 원통형 외부면 내에 회전자 허브(202)를 형성하는데 사용될 수 있다. 부가적으로, 일단 회전자에 결합되면, 자석은 균일한 실린더를 형성할 수 있는 한편, 개별 자석 세그먼트(204a 내지 204t)는 바람직한 전자기, 회전 및 관성 회전자 허브(202) 프로파일을 달성하기 위해 중량뿐만 아니라 자기장 배향 및 크기가 변할 수 있다.
- [0078] 도 2h는 하나의 예시적인 회전자 허브 자석 구조의 단면도를 도시한다. 이 예에서, 16개의 원주방향으로 분절된 자석(204a 내지 204t)은 회전자 허브(202)의 원주부 주위에 위치 설정된다. 회전자 허브(202)의 외부면 및 개별 자석 세그먼트(204a 내지 204t)의 기하학적 구조는 자석 세그먼트(204a 내지 204t)가 회전자 허브(202)에 직접적으로 장착되게 한다. 도 2h에 도시된 바와 같이, 일정한 경우의 회전자 허브(202)의 외부면은 완전히 둥글지 않을 수 있고, 예컨대, 자석 세그먼트(204a 내지 204t)가 장착되는 회전자 허브(202)의 일부는 허브(202)에 장착될 자석 세그먼트(204a 내지 204t)의 개수와 동일한 개수의 등변을 갖는 정다각형일 수 있다. 도 2h는 회전자 허브(202)의 축방향 길이로 진행되는 16개의 편평한 표면을 갖는 회전자 허브(202)의 외부면을 도시하고, 16개의 편평한 표면에 대향하여 16개의 자석 세그먼트(204a 내지 204t)의 대응하는 편평한 표면이 접한다. 회전자 허브(202) 및 자석 세그먼트(204a 내지 204t) 상의 편평한 표면은 허브(202)의 중심으로부터 나가는 반경방향 라인에 대해 수직이다.
- [0079] 자석 세그먼트(204a 내지 204t)는 2극 구조로 배열될 수 있다. 예컨대, 회전자 허브(202)의 중심으로부터 멀리 실질적으로 반경방향으로 지향되는 자기장을 갖는 7개의 자석 세그먼트(204a 내지 204g)는 회전자의 자기 구조의 북극의 베이스로서 기능할 수 있다. 7개의 다른 자석 세그먼트(204j 내지 204s)는 회전자 허브(202)의 다른 측에 위치 설정될 수 있고, 각각의 자석 세그먼트(204j 내지 204s)는 회전자의 자기 구조의 남극을 위한 베이스로서 기능 하는 회전자 허브(202)의 중심을 향하여 실질적으로 반경방향으로 지향되는 자기장을 갖는다. 자석 세그먼트(204)는 자석 세그먼트의 자기장 벡터가 균일하도록 자화될 수 있다. 다시 말하면, 균일한 자화된 자석 세그먼트를 따른 임의의 하나의 지점에서의 자기장 벡터는 도 2t에 도시된 것과 같이, 자석 세그먼트를 따른 임의의 다른 지점에서 자기장 벡터와 평행하다. 일정한 경우에, 자석 세그먼트의 중심에서의 자기장 벡터는 반경방향이다. 아래 더욱 상세히 논의된 바와 같이, 다른 경우에, 자기장 벡터는 회전자와 동일한 중심을 갖는 반경방향 또는 원호에 대해 법선방향일 수 있다. 선택적으로, 도 2u에 설명된 것과 같이, 진정 반경방향으로 지향된 자기장을 갖는 자석 세그먼트(204)는 각각 반경방향인 자기장 방향 벡터를 갖는 자기장을 갖는다. 자석 세그먼트의 외부면이 원형 회전자의 라운드형 외부면에서 원호부인 경우에, 자기장 방향 벡터는 자석 세그먼트

의 외부면(268)에 대해 법선방향일 수 있다는 것이다. 균일한 자기 세그먼트에서, 자기장 방향 벡터는 회전자 허브 및 자석 세그먼트의 정합하는 편평한 표면에 대해 모두가 수직이도록 구성될 수 있다. 반경방향 자기 세그먼트에서, 자기 세그먼트의 중심 라인에서의 자기장 방향 벡터는 회전자 허브 및 자석 세그먼트의 정합하는 편평한 표면에 대해 수직이도록 구성될 수 있다.

[0080] 도 2h를 다시 참조하면, 보극 자석 세그먼트(204h, 204t)가 2극 사이에 배치된다. 회전자(200)의 자속 분포를 조절하기 위해 보극 자석 세그먼트(204h, 204t)가 제공되어 2극 사이에 자기장을 전이할 수 있다. 도 2h에서 도시된 실시예에서, 보극 자석 세그먼트(204h, 204t)는 반경방향 자석 세그먼트(204a 내지 204g, 204j 내지 204s)와, 회전자(200)의 원주부와 접하거나 이러한 반경방향 장에 법선방향으로 향하는 자기장을 갖는 보극 자석 세그먼트를 갖는다.

[0081] 회전자 허브(202)상의 영구 자석 세그먼트의 배치는 회전자(200)에 대한 네트 자극 중심 벡터(270)로 귀결될 수 있다. 도 2h의 예시에서, 자극 중심은 자석 세그먼트(204d), 회전자의 북극의 기하학적 중심에 집중되는 방향 벡터 성분을 갖는다. 도 2h에 도시된 회전자는 규칙적 자극 중심을 갖는다. 도 2p에 도시된 회전자(200)의 자극 중심(270) 또한 규칙적이다. 도 2p에 도시된 바와 같이, 자극 중심 벡터(270)는 자석 세그먼트(204b와 204c)들 사이에 정렬되고, 이러한 경계면은 회전자(200)의 상부 자극의 기하학적 중심을 나타낸다. 자극 중심(270)이 북방 (또는 남방) 자극을 확립하는 자석 세그먼트의 어레이의 기하학적 중심점과 정렬되면, 자극 중심은 규칙적이다. 다른 한편, 도 2k는 불규칙한 자극 중심(270)을 갖는 예시적인 회전자를 도시한다. 도 2k의 회전자(200)의 기하학적 중심은 자석 세그먼트(204d)의 원호 중심점이다. 도시된 바와 같이, 도 2k의 자극 중심(270)은 회전자의 기하학적 중심과 정렬되지 않는다. 고정자의 설계 및 전기 기계용 목적에 따라, 규칙적이거나 불규칙한 자극 중심 벡터를 갖는 회전자를 구현시키는 것이 바람직할 수 있다.

[0082] 도 2i는 다른 회전자 자석 구조의 단면도를 도시한다. 도 2i의 회전자 자석 구조의 구조적 치수는 도 2h의 회전자 자석 구조의 구조적 치수와 사실상 유사할 수 있다. 도 2h 및 도 2i의 구조는 사실상 동일한 물리적 치수를 갖는 동일한 수의 자석 세그먼트를 가질 수 있다. 그러나, 도 2h가 예시적인 2극 회전자 설계를 도시하는 반면, 도 2i는 예시적인 4극 설계를 도시한다. 도 2i의 제1 자극은 자석 세그먼트(204a, 204b, 204c)를, 제2 자극은 자석 세그먼트(204e, 204f, 204g)를, 제3 자극은 자석 세그먼트(204j, 204k, 204m)를, 그리고 제4 자극은 자석 세그먼트(204p, 204q, 204s)를 포함한다. 2 개의 인접한 자극 사이에 보극 자석 세그먼트(204d, 204h, 204n, 204t)가 위치되는 구성으로 적어도 하나의 보극 자석 세그먼트(204d, 204h, 204n, 204t)가 각각의 자극에 대해 제공될 수 있다. 보극 자석 세그먼트(204d, 204h, 204n, 204t)는 나머지 자석 세그먼트의 반경방향 장에 대체로 법선방향으로 향하는 자기장을 가질 수 있다. 특정 예시에서, 보극 자석 세그먼트(204h, 204t)의 절반은 시계 방향을 향하는 자기장을, 나머지 보극 자석 세그먼트(204d, 204n)는 반시계 방향을 향하는 자기장을 가질 수 있다.

[0083] 도 2h 및 도 2i는 각각 열당 16 개의 자석 세그먼트[또는 16 개의 허브 각면(facet) 및 동일한 형태의 자석 세그먼트]로 구현되는 반면, 영구 자석 세그먼트를 채용한 다른 회전자 설계가 제공될 수도 있다. 예를 들어, 다양한 기하학적 구조를 갖는 각면을 포함하는 16 개보다 많거나 적은 각면이 채용될 수 있다. 예를 들어, 도 2q 및 도 2r과 관련하여 전술된 바와 같이 인접한 자석 세그먼트들 사이에 유동 경로 채널을 제공하는 기하학적 구조가 채용될 수 있다. 일부 예시에서 자석 세그먼트의 외부면은 도 2h 및 도 2i의 라운드형 형태와는 대조적으로 편평할 수 있다. (예를 들어, 도 2g 내지 도 2r에 도시된 각면의 경우와 같이) 회전자 허브와 접하는 자석 세그먼트의 경계면은 그 기하학적 구조에 영향을 미칠 수도 있다. 또한, 다른 구성, 각면의 수, 및 기하학적 구조가 비교가능한 자기 프로파일을 갖는 다른 회전자 설계를 위한 대체물로서 채용될 수 있다. 예를 들어, 도 2h에 도시된 2극 회전자용 대체물은, 도 2j에 도시된 바와 같이, 회전자 허브(202)에 장착된 단지 4 개의 원주방향 자석 세그먼트를 사용하여 성취될 수 있다. 2극 자석 세그먼트(204w, 204y)는 자석 세그먼트(204w, 204y) 사이에 배치된 2 개의 추가적인 보극 자석 세그먼트(204x, 204z)와 함께 회전자의 북방 및 남방 자극에 대해 채용될 수 있다. 도 2j에 도시된 예시를 포함하는, 자극 세그먼트(204w, 204y)가 회전자(200)를 위한 주 자석 세그먼트로 갖춰지는 몇몇 실시예가, 가변 보극 자석 세그먼트(204x, 204z)보다 긴 원호 폭을 갖는 자극 세그먼트(204w, 204y)에 제공될 수 있다. 추가로, 또한 도 2h의 16 개의 각면 예시에도 도시된 바와 같이, 자석 세그먼트의 외부면은, 회전자 허브(202)에 장착될 때, 회전자(200)의 원통형 외부면을 형성할 수 있다. 도 2j의 4 개의 자석 세그먼트 회전자는 도 2h에 도시된 바와 같이 2극을 갖지만, 도 2j의 회전자는 도 2h의 16 개의 각면 회전자와 상이한 동작 특성 및 자기 프로파일을 가질 수 있다. 추가로, 도 2h 및 도 2j의 예시에 도시된 원리를 채용한 다른 구조가 본 발명의 범위 내에서 가능하여, 설계자의 성능 고려 및 경제적 측면에 맞게 제조되는 여러 각면 기반 설계 선택을 허용한다.

- [0084] 도 2k는 또 다른 예시의 2극 자석 구조의 단면도이다. 도 2k의 2극 자석 구조는 분기 보극 구조를 이용한 보극 자석 세그먼트(204h, 204t)를 채용할 수 있다. 각각의 보극 자석 세그먼트(204h, 204t)는 단일의 자석 세그먼트를 형성하기 위해 함께 접합된 2 개의 분리형 자석 조각(254, 256)으로 구성된다. 반경방향 자석 세그먼트 조각(254)은 반경방향으로 배향된 자기장을 갖는 자석일 수 있다. 보극 자석 세그먼트(204h)에 속하는 자석 세그먼트 조각(254h)은 회전자 허브(202)의 중심으로부터 멀리 지향되는 반경방향 자기장을 가질 수 있다. 보극 자석 세그먼트(204t)에 속하는 자석 세그먼트 조각(254t)은 회전자 허브(202)의 중심을 향해 지향되는 반경방향 자기장을 가질 수 있다. 수직의 자석 세그먼트 조각(256h, 256t)는 각각의 보극 자석 세그먼트(204h, 204t)를 형성하기 위해 반경방향 자석 세그먼트 조각(254h, 254t)에 접합될 수 있다. 반경방향 자석 조각(254h)에 접합된 법선방향의 자석 조각(256h)은 조각(254h)의 반경방향 자기장에 법선방향으로 지향되고 반시계 방향으로 배향된 자기장을 가질 수 있다. 반경방향 조각(254t)에 접합된 법선방향의 자석 조각(256t)은 반경방향에 법선방향인 자기장을 가질 수 있고, 수직 조각(256t)의 장은 시계 방향으로 배향된다. 자석 조각(254, 256)은 동일하거나 유사하지 않은 자성 재료로 구성될 수 있다. 자석 조각(254, 256)은 동일한 크기일 수 있거나, 또는 다르게, 하나의 자석 조각은 나머지 자석 조각보다 클 수 있다. 자석 조각(254, 256)의 재료 및 나머지 조각에 대한 하나의 조각의 크기는 보극 자석 세그먼트(204h, 204t)의 자성 특성을 설계하도록 선택될 수 있어서, 회전자 설계자가 보극 자석 세그먼트(204h, 204t)의 자성 특성을 개선(refine)하게 하고, 이에 따라, 회전자의 일부 자속 특성을 수정하게 한다.
- [0085] 도 2l에 도시된 바와 같이, 도 2k의 예시로서 전술된 바와 유사한 분기 보극 자석 세그먼트 설계가 또한 2 개보다 많은 자극을 갖는 자석 구조에 채용될 수도 있다. 예를 들어, 분기 보극 자석 세그먼트(204d, 204h, 204n, 204t)는 예를 들어, 도 2i에서 도시된 4극 자석 구조와 유사한 4극 자석 구조에 채용될 수 있다.
- [0086] 회전자 허브(202) 자석 구조는 자극당 하나보다 많은 보극 자석 세그먼트를 채용할 수 있다. 도 2h 내지 도 2i에 도시된 회전자 허브(202)의 예시는, 가변 자기장 배향, 자성 재료 특성, 및 재료 밀도를 갖는, 모듈화된 자석 세그먼트(204a 내지 204t)의 다양한 조합을 허브(202)상에 장착함으로써 다수의 가변 자석 구조를 구축하기 위한 기반을 형성할 수 있다. 예를 들어, 도 2M에 도시된 바와 같이, 반경방향으로 배향된 자석 세그먼트(204a, 204c, 204e, 204g, 204j, 204m, 204p, 204s)를 비반경방향 자석 세그먼트로 대체함으로써 도 2i의 4극 구조 예시가 변경될 수 있으며, 이에 따라 인접한 자석 세그먼트(204a 내지 204c, 204e 내지 204g, 204j 내지 204m, 204p 내지 204s)는 평행하게 배향된 자기장을 소유할 수 있게 된다. 도 2N에 도시된 바와 같이, 다른 실시예는 도 2i의 4극 구조를 대체하여, 도 2i의 수직 배향된 보극 자석 세그먼트를 지향성 벡터에 의해 배향된 자기장을 소유한 보극 자석 세그먼트(204d, 204h, 204n, 204t)로 교환할 수 있으며, 이에 따라 도 2l의 분기 보극 자석 세그먼트의 2 개의 자석 세그먼트 조각의 벡터 합에 근접할 수 있다.
- [0087] 모듈화된 자석 세그먼트(204a 내지 204t) 및 회전자 허브(202)의 광범위한 호환성을 설명하는 또 다른 실시예가 도 2o에 도시된다. 균일한 자화를 갖는 2극 자기 구조는, 모든 자석 세그먼트(204a 내지 204t)가 회전자 허브(202)상에 장착될 때 각각의 자석 세그먼트의 자기장이 모든 다른 자석 세그먼트의 자기장과 동일한 방향으로, 그리고 이에 평행하게 배향되도록 구성된 자석 세그먼트(204a 내지 204t)로 구성될 수 있다. 전기 기계의 협동 고정자의 구조에 따라, 도 2o의 2극 설계와 같이 대체로 균일한 회전자 자화는 보다 효율적인 전자기 전력 변환을 제공할 수 있다.
- [0088] 도 2o의 2극의 균일 자화 설계 이외에도, 기재된 각면 기반 해결책을 이용하여 4극의 균일 회전자 설계가 획득될 수 있다. 예를 들어, 도 2p에서는 16 각면 회전자가 제공된다. 도 2p의 예시에서, 제1 자극은 자석 세그먼트(204a, 204b, 204c 및 204d)를 포함한다. 이러한 제1 자극의 각각의 자석 세그먼트의 자기장 방향 벡터는, 회전자 허브(202)에 장착될 때, 자극의 다른 자석 세그먼트의 자기장 방향 벡터와 평행하다. 도 2p의 회전자 예시의 다른 3 개의 자극의 경우 또한 이와 같다. 제2 자극은 자석 세그먼트(204j, 204k, 204l, 및 204m)를 포함할 수 있다. 이러한 예시의 제2 자극 자석 세그먼트는 제1 자극의 자기장 방향 벡터와 평행하지만, 제1 자극 자석 세그먼트의 자기장에 반대 방향으로 배향된 자기장 방향 벡터를 갖는다. 각각이 제1 및 제2 자극의 자기장과 직교하는 자기장 방향 벡터를 갖는 제3 및 제4 자극이 제공된다. 제3 자극은 자석 세그먼트(204e, 204f, 204g, 204h)를 포함할 수 있다. 제4 자극은 자석 세그먼트(204n, 204p, 204q, 204r)를 포함할 수 있다. 제3 자극 및 제4 자극의 자기장 방향 벡터는 또한 서로 평행하고 반대된다.
- [0089] 도 2h 내지 도 2r에 도시되고 전술된 예시는 회전자 허브(202)를 위해 의도되는 가능한 자기 구조를 제한하려는 의도는 아니다. 또한, 여러 추가적인 실시예 및 자석 구조가 특정한 회전자 용례를 위한 자기적, 구조적 특성의 광범위한 어레이를 만족시키도록 구현될 수도 있다. 전술된 각면 기반 회전자 개념은 잠재적인 회전자 구조의 다용도적 가변성(versatile variety)을 조성하는데 사용될 수 있다. 또한, 회전자 제조자에 의해 공통 회전

자 허브 기하학적 구조가 채용된다면, 공통 자석 세그먼트 기하학적 구조는 회전자 설계 전반에 걸쳐 채용될 수 있어, 설계자가 적절한 자기장 벡터를 갖는 자석 세그먼트를 교환함으로써 거의 제한되지 않는 회전자 변화를 구축할 수 있게 한다. 또한, 회전자 허브(202)가 채용되어 동일한 원호 폭을 갖는 자석 세그먼트를 허용한다면, 자석 세그먼트의 제조 및 요구되는 자석 세그먼트의 조합이 단순화될 수 있어서, 단일 기하학적 구조의 자석 세그먼트만을 제조하면 된다. 또한, 가장 적은 수의 상이한 자기 프로파일을 갖는 자석 세그먼트를 채용하는 설계에서는, 제조 및 비축될 필요가 있는 상이한 자석 세그먼트의 수가 더 적어질 수 있어서, 회전자 설계자가 다른 장점들 중에서도 제조 비용 및 공급 체인을 최소화 하면서 다양한 회전자 제품을 제공할 수 있다.

[0090] 이제 도 3a를 참조하면, 예시적인 전기 기계(319)가 도시된다. 전기 기계(319)는 도 1b에 도시된 전기 기계(102a)와 유사하고, 이것으로 사용될 수 있다. 전기 기계(319)는 내부(308)를 형성하는 하우징(314)을 포함한다. 회전자(306)는 고정자(300)에 대해 회전가능하고 그 내부(308)에 배치된다. 고정자(300)와 회전자(306) 사이에는 간극(310)이 존재한다. 예시적인 고정자(300)는 원통형 고정자 코어(304)에 장착된 전자기 권선부(302)를 포함한다. 고정자(300)는 전술된 고정자(108)로 사용하기에 적합하다. 권선부(302)의 몇몇 실시예는 동기식 AC 전기 기계로서 기능하는 전기 기계에 대해 구성될 수 있다. 권선부(302) 몇몇 실시예는 3위상 전자석을 형성하는 2극 권선부를 포함할 수 있다. 전기 기계 용례에 따라, 4극 권선부, 단일위상 권선부, 및 다른 권선 구성을 포함하는 다른 구현도 가능하다.

[0091] 권선부(302)는 권선 루프 또는 코일을 형성하기 위해 고정자 코어 슬롯을 통해 형성된 전도체 또는 권선 케이블에 의해 구성된다. 고정자 코어(304)는 코어 구조체를 형성하기 위해 함께 접착된 금속성 적층 플레이트로 구성될 수 있다. 고정자 코어(304) 플레이트에 사용되는 재료는 코어 슬롯 주위로 권선된 권선부(302)의 전자속 특성을 조절하도록 선택될 수 있다. 코어 재료는 또한 원하는 전자기 고정자 프로파일을 달성하기 위해, 권선부의 케이블에 사용되는 재료를 고려하여 선택될 수도 있다. 예를 들어, 구리계 절연 케이블은 권선부(302)에 사용될 수 있다. 케이블은 실리콘계 저손실 적층체와 함께 적층된 강 플레이트로 형성되어 코어(304) 주위로 권선될 수 있다. 더 상세하게 후술되는 바와 같이, 고정자 코어(304)의 슬롯은 다양한 슬롯 형상 및 크기를 사용하여 구현될 수 있는 것으로 기대된다. 슬롯의 기하학적 구조의 선택은 권선부에 사용되는 케이블 종류(또는 종류들)에 기초할 수 있다. 또한, 권선부(302)는 폼(form)-권선 코일 또는 랜덤(random)-권선 코일로 구성될 수 있다. 특정 실시예에서, 권선부(302)는 고정자 코어(304)의 축방향 단부에 위치한 권선 단부 권회부(312)로 귀결된다. 더 상세하게 후술되는 바와 같이, 다양한 단부 권회부 권선 기술이 어느 특정한 고정자 설계를 위해 바람직한 특정 구조 및 전자기 특성을 갖는 단부 권회부(312)에 제공되도록 사용될 수 있다.

[0092] 고정자(300)의 몇몇 실시예는 해저 및/또는 부식성 환경 작동에 적합할 수 있다. 예를 들어, 고정자(300)의 특정 예시는 고정자(300) 주위에 보호 베리어(316)를 제공하거나 다르게는 고정자(300)를 시일링함으로써 열 전달 유체, 공정 유체, 다른 부식성 또는 유해 물질 및/또는 다른 이물질에의 노출로부터 시일링되거나 또 다르게는 보호될 수 있다. 예를 들어, 전기 기계 시스템의 특정 예시가 "범람된(flooded)" 시스템에 제공될 수 있다. 보호 베리어(316)는 고정자(300)를 냉각시키기 위해 유체가 전기 기계 시스템에 제공되게 하면서 고정자(300)의 요소의 부식을 방지하기 위해 제공될 수 있다. 다른 실시예는 노출 또는 부식으로부터 고정자(300)를 시일링하기 위해, 고정자에 코팅 또는 다른 시일을 제공할 수 있다. 예를 들어, 일부 또는 모든 고정자는 에폭시, 폴리 에테르에테르케톤, 에틸렌 클로로트리플루오로에틸렌 공중합체 및/또는 다른 처리물을 이용하여 부식 저항 코팅 또는 처리될 수 있다. 고정자(300)의 몇몇 실시예는 보호뿐 아니라 강성의 구조적 지지를 제공하는 보호 커버링이 제공될 수 있다.

[0093] 도 3a에 도시된 고정자와 같은 고정자는 고정자 코어 및 고정자 코어를 통해 연장하는 권선부(302)로 형성될 수 있다. 예시적인 고정자 코어(335)가 도 3b에 도시된다. 고정자 코어(335)는, 단부 플레이트(307)에 의해 대향하는 단부들에서 경계지어지는 종방향(305)으로 연장하는 복수의 인접한 요크(303)(즉, 고정자 스택)들로 형성된다. 또한, 복수의 고정자 바아(309)는 종방향(305)으로 연하여, 요크(303)를 축방향으로, 반경방향으로, 원주방향으로 정렬하도록 조정될 수 있다. 복수의 치형부(301)는 요크(303)에 의해 형성된 슬롯 또는 채널 내에 보유되며, 이는 하기에 더 상세하게 기술된다. (도 3g 참조).

[0094] 도 3c는 한 쌍의 인접한 요크(303)로 형성된 고정자 스택(325)을 도시한다. 고정자 치형부와 전자기 권선부 없이 도시된 고정자 스택(325)이 하기에 더 상세하게 기술된다. 몇몇 실시예에 따르면, 고정자(300)는 8 개의 요크(303)의 스택을 포함할 수 있다. 그러나 다른 실시예는 더 많거나 또는 더 적은 요크(303)를 포함할 수 있다. 하나 이상의 요크(303)는 분절될 수 있다. 즉, 하나 이상의 요크(303)는 복수의 원호 세그먼트(315)로

형성될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 모든 요크(303)는 분절된다.

[0095] 도시된 바와 같이, 요크(303)는 4 개의 세그먼트(315)로 형성되므로, 요크(303)는 사분원호로 나뉘어진다. 그러나, 다른 예시에서, 요크(303)는 더 많거나 또는 더 적은 세그먼트(315)로 형성될 수 있다. 예시적인 세그먼트(315)가 도 3d에 도시되며, 도 3d에서는 세그먼트(315)가 복수의 적층체(311)로 형성된다. 도시된 예시적인 세그먼트(315)는 10 개의 적층체(311)로 형성되지만 다른 실시예에서는 더 많거나 또는 더 적은 적층체(311)로 형성될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 적층체(311)는 저손실 규소강과 같은 강으로 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 적층체(311)는 다양한 종류의 강 또는 다른 종류의 금속, 합금, 복합체, 또는 다른 종류의 적절한 재료로 형성될 수 있다. 적층체(311)는 화학적 또는 기계적으로 함께 접합될 수 있다. 예를 들어, 적층체(311)들은 접착제로 함께 접합될 수 있다. 다르게, 적층체(311)들은 적층체(311)를 서로 맞물리게 함으로써 기계적으로 결합될 수 있다. 일부 예시에서, 하나의 적층체(311)의 일부는 인접한 적층체(311)로 돌출할 수 있다. 또한, 몇몇 실시예에서, 일부 적층체(311)는 인접한 적층체(311)와 맞물릴 수 있지만, 다른 적층체(311)는 다른 적층체(311)와 맞물리지 않는다.

[0096] 각각의 세그먼트(315)는 복수의 반경방향 내측으로 연장하는 돌출부(317)를 포함한다. 돌출부(317)는 세그먼트(315)의 내부 주연부(318)를 따라 형성된 복수의 제1 노치(320)를 형성한다. 설명된 예시에 도시된 바와 같이, 각각의 세그먼트(315)는 6 개의 돌출부(317)를 포함하지만, 다른 예시에서, 각각의 세그먼트(315)는 보다 많거나 보다 적은 제1 노치(320)를 형성하는 보다 많거나 보다 적은 돌출부(317)를 포함할 수 있다. 도 3c에 도시된 바와 같이, 제1 노치(320)는 치형부(301)를 수용하는 치 채널(321)의 적어도 일부를 형성하도록 정렬한다(이하에 더욱 상세히 기술됨). 각각의 세그먼트(315)는 또한 세그먼트(315)의 외부 주연부(324)에 형성된 복수의 제2 노치(322)를 포함한다. 도 3c에 도시된 바와 같이, 제2 노치(322)는, 도 3b에 도시된 바와 같이 고정자 바아(309)가 보유되는 채널(326)의 적어도 일부를 형성하도록 정렬한다. 채널(326)에 보유되는 고정자 바아(309)는 조립된 고정자(300)에 대한 구조적 지지 및 정렬을 제공한다.

[0097] 예시적인 고정자 바아(309)가 도 3e에 도시된다. 도시된 고정자 바아(309)는 일정한 직사각형 단면을 갖는 가느다란 부재(slender member)이다. 또한 도 3c에 도시된 바와 같이, 채널(326)은 고정자 바아(309)를 수용하고 보유하도록 일정한 직사각형 단면도 갖는다. 그러나, 도 3e에 도시된 고정자 바아(309) 및 도 3c에 도시된 채널(326)은 단지 예시적인 것이며, 고정자 바아(309) 및 채널(326)은 다른 단면 형상을 가질 수 있다.

[0098] 도 3c를 다시 참조하면, 요크(303)는, 인접한 요크(303)의 조인트(313)가 정렬되지 않도록 세그먼트(315)의 인접한 단부에 형성된 조인트(313)가 서로로부터 오프셋되도록 조립된다. 그러나, 다른 실시예에서는 인접한 조인트(313)들이 정렬될 수 있다. 도시된 바와 같이, 인접한 요크(303)의 조인트(313)의 각도상 오프셋(θ)은 45° 이지만, 다른 각도상 오프셋이 사용될 수 있다. 특정 예시에서, 요크(303)는 함께 용접될 수 있고, 접착제로 함께 접합될 수 있으며, 체결구로 조립될 수 있고, 맞물림식으로 결합될 수 있으며, 및/또는 다른 방식으로 조립될 수 있다. 이에 더해, 조립된 고정자(300) 및/또는 고정자 코어(335)는 폴리에테르에테르케톤("PEEK"), 에틸렌 클로로트리플루오로에틸렌 공중합체("ECTFE"), 산화물 코팅 및/또는 다른 재료로 코팅될 수 있다.

[0099] 도 3f는 고정자(300)의 예시적인 단부 플레이트(307)를 도시한다. 단부 플레이트(307)는 조립된 고정자 코어(335)의 대향 단부에 배치된다. 특정 예시에서, 단부 플레이트(307)는 단일의 연속된 플레이트일 수 있다. 단부 플레이트(307)는 또한 단부 플레이트(307)의 내부 주연부(332)에 형성된 복수의 돌출부(331)를 포함한다. 돌출부(331)들은 이들 사이에 제1 노치(330)를 형성한다. 단부 플레이트(307)는 또한 단부 플레이트(307)의 외부 주연부(336)에 형성된 복수의 제2 노치(334)를 포함한다. 고정자 스택과 및 치형부(301)와 결합될 때, 돌출부(331)는 치 채널(321)에 보유된 치형부(301)와 중첩된다. 제1 노치(330)는 후술되는 치형부(301) 즉, 권선 채널(350)들 사이에 형성된 채널과 정렬한다. 제2 노치(334)는 채널(326)을 형성하기 위해 제2 노치(322)와 정렬한다. 특정 예시에서는, 도 3g에 도시된 바와 같이, 치 채널(321)이 도브테일형 조인트의 형상을 가짐으로써, 치형부(301)가 내부에 보유되어 잠길 수 있도록, 치형부(301)와 관련 치 채널(321)은 맞물린다. 그러나, 채널(321)은 치형부(301)를 보유하는 임의의 형상을 형성할 수 있다. 또한, 특정 예시의 치 채널(321)은 높은 종횡비(aspect ratio)를 가질 수 있지만, 다른 예시의 치 채널(321)은 낮은 종횡비를 가질 수 있다(즉, 치 채널(321)은 더 얇아지고 더 넓어질 수 있다).

[0100] 각각의 치형부(301)는 그 예시가 도 3h에 도시된 복수의 치형부 세그먼트(338)로 형성될 수 있다. 도시된 예시에 따르면, 치형부 세그먼트(338)는 테이퍼진 단면을 갖는다. 치형부 세그먼트(338)의 제1 단부(340)는 치형부 세그먼트(338)의 제2 단부(342)의 치수(D2)보다 큰 치수(D1)를 갖는다. 치형부 세그먼트(338)의 제1 단부(340)에 대응하는 조립된 치형부(301)의 단부는 치 채널(321)에 보유된다.

- [0101] 몇몇 실시예에서, 치형부 세그먼트(338)는 복수의 적층체(339)로 형성될 수 있다. 도시된 바와 같이, 예시적인 치형부 세그먼트(338)는 10 개의 적층체로 형성된다. 다른 예시에서, 치형부 세그먼트(338)는 더 많거나 또는 더 적은 적층체로 형성될 수 있다. 치형부(301)는 동일하거나 또는 대략 동일한 길이를 갖는 치형부 세그먼트(338)로 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 치형부(301)는 상이한 길이를 갖는 치형부 세그먼트(338)로 형성될 수 있다. 일부 예시에서, 치형부 세그먼트(338)는 다른 치형부 세그먼트(338)보다 더 많거나 또는 더 적은 적층체(339)를 가짐으로써 상이한 길이를 가질 수 있다. 적층체(339)는 화학적 또는 기계적으로 접합될 수 있다. 예를 들어, 일부 적층체(339)들은 접착제로 함께 접합될 수 있다. 다른 예시에서, 일부 적층체(339)들은 맞물려 결합될 수 있다. 예를 들어, 하나의 적층체(339)에 형성된 돌출부는 인접한 적층체(339)에 형성된 수용부 내로 수용될 수 있다.
- [0102] 몇몇 실시예에서, 하나 이상의 치형부(301)는 상이한 길이를 갖는 치형부 세그먼트(338)로 형성될 수 있다. 예를 들어, 도 3k는 채널(321)을 통해 연장하는 치형부(301)의 개략도를 도시한다. 치형부(301)는 상이한 길이를 갖는 치 세그먼트(338a 및 338b)로 형성된다. 도시된 실시예에서, 치 세그먼트(338a)는 치 세그먼트(338b)의 길이의 절반 길이를 갖는다. 또한, 요크(303)의 길이는 치 세그먼트(338b)의 길이와 같을 수 있다. 도시된 바와 같이, 치형부(301)는 단부 플레이트(307)와 접하는 치 세그먼트(338a)로 선도된다. 치 세그먼트(338a)는 제 1 요크(303)를 통하여 연장하는 채널(321)의 일부의 길이의 절반 길이를 차지한다. 치 세그먼트(338b)는 치 세그먼트(338a)와 인접하게 위치되어, 치 세그먼트(338b)가 인접한 요크(303)와 중첩하도록 유도한다. 즉, 치 세그먼트(338b)의 제 1 반부는 하나의 요크(303)에 놓임과 동시에, 치 세그먼트(338b)의 제 2 반부는 이웃하는 요크(303) 내로 연장한다. 인접한 요크(303)에 치 세그먼트(338b)를 중첩하는 것은 강성을 제공하고, 고정자(300)의 기계적 강도를 증가시킨다. 치 세그먼트(338b)는 인접한 요크(303)에 의해 절반만 중첩되는 것으로 도시되지만, 치 세그먼트(338b)는 상이한 양으로 인접한 요크(303)와 중첩할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예에서, 치형부 세그먼트(338)는 60%-40%, 65%-35%, 70%-30% 또는 80%-20%의 비율로 인접한 요크(303)와 중첩할 수 있다. 그러나, 본 발명의 범주 내에서 임의의 원하는 중첩량을 사용할 수 있다. 또한, 치 세그먼트(338b)는 부분적으로 제 1 요크(303) 내로 연장하고, 하나 이상의 인접한 요크(303)를 통해 완전히 연장하고, 추가적인 요크(303) 내로 부분적으로 연장하는 길이가 될 수 있다.
- [0103] 도 3i를 참조하여, 각각의 치형부 세그먼트(338)는 제 1 면(346)상에 돌출부(344) 및 제 2 면(347)상의 수용부(348)를 포함할 수 있다. 하나의 치형부 세그먼트(338)상의 돌출부(344)는, 인접한 치 적층체의 정렬 또는 부차적 중첩어도 하나를 제공하도록, 인접한 치형부 세그먼트(338)상의 수용부(348) 내로 수용된다. 도 3j는 치형부 세그먼트(338)상에 형성된 돌출부(344) 및 수용부(348)의 다른 구조를 도시한다.
- [0104] 몇몇 실시예에 따르면, 치형부(301)는 하나 이상의 요크(303)와 상이한 재료로 형성될 수 있다. 특히, 치형부(301)는 요크(303)를 형성하는 재료보다 더 높은 자속 용량(capacity)을 갖는 재료를 포함할 수 있다. 특정 예시에서, 치형부 세그먼트(338)는 코발트-철 합금으로부터, 적어도 부분적으로 형성된다. 예를 들어, 치형부 세그먼트(338)를 형성하는 하나 이상의 적층체(339)는 코발트-철 합금으로 형성될 수 있지만, 다른 적층체(339)는 상이한 재료로 형성될 수 있다. 예시적인 코발트-철 합금은 카펜터 테크놀로지 코포레이션(Carpenter Technology Corporation)의 제품인 히페르코(Hiperco), 아놀드 마그네틱 테크놀로지 코포레이션(Arnold Magnetic Technologies Corporation)의 제품인 시렉트론(Silectron), 및/또는 다른 합금을 포함한다. 또한, 치형부 세그먼트(338)는 모두 동일한 재료로 형성될 필요는 없다. 즉, 몇몇 실시예에서, 치형부 세그먼트(338)의 일부는 하나의 재료로 형성될 수 있고, 다른 치형부 세그먼트(338)는 상이한 재료로 형성될 수 있다. 특정 예시에서, 높은 자속 재료는 다른 재료보다 통상적으로 더 고가이기 때문에, 치형부 세그먼트(338)의 일부 부분[예를 들어, 하나 이상 세그먼트(338) 또는 하나 이상 세그먼트(338)의 하나 이상 적층체(339)]는 높은 포화 자속 용량 재료로 형성될 수 있고, 그 나머지는 이보다 저렴한 재료로 형성될 수 있다. 특정 예시에서, 이러한 저렴한 재료는 하나 이상의 적층체(311)를 형성하는데 사용될 수 있다. 치형부 세그먼트(338) 또는 그 내부의 적층체(339)의 상이한 재료는 고정자(300)의 길이에 걸쳐서 규칙적 혹은 불규칙적인 패턴으로 교번될 수 있다. 예를 들어, 매 2번째, 3번째, 4번째 또는 다른 특정 번째 치형부 세그먼트(338)는 높은 포화 자속 밀도 재료로 형성될 수 있지만, 사이의 치형부 세그먼트(338)는 보다 저렴한, 낮은 포화 자속 밀도 재료로 형성될 수 있다. 생성된 치형부(301)는 저렴한 재료로만 형성될 때보다 더 높은 복합 포화 자속 용량을 갖지만, 전체가 높은 자속 용량 재료로 제조된 치형부(301)보다는 더 저렴하다. 몇몇 실시예에서, 높은 포화 자속 재료는 고정자(300)의 단부가 상대적으로 낮은 포화 자속 밀도를 갖도록 고정자(300)를 통해 분배될 수 있다. 다른 예시에서, 고정자(300)의 단부는 가장 낮은 포화 자속 밀도를 가질 수 있다.
- [0105] 다른 예시에서, 치형부(301)를 따른 상이한 위치에의 치형부 세그먼트(338)의 재료의 종류[치형부 세그먼트

(338)의 적층체(339)의 재료를 포함]는 고정자(300)의 길이를 따라 원하는 온도 분포를 달성하고 및/또는 고정자(300)의 길이를 따른 열 추출 및/또는 발생의 변화를 보상하도록 선택될 수 있다. 특정 예시에서, 치형부 세그먼트(338)의 재료는, 고정자(300)의 길이를 따라 균일한 온도 분포를 달성하거나, 또는 균일한 재료 종류의 치형부 세그먼트(338)에 의해 달성되는 것보다 더욱 균일한 온도 분포를 달성하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 높은 자속 재료 치형부 세그먼트(338)의 높은 밀도(단위 길이당 수)가 적은 냉각 열 전달이 적은 고정자(300)의 영역에 제공될 수 있다. 이러한 영역에 자속 용량을 증가시킴으로써, 적은 열이 생성되고 더 적은 냉각이 적어도 부분적으로 상쇄될 수 있다. 유사하게, 높은 냉각 열 전달을 갖는 영역에서는, 높은 자속 재료 치형부 세그먼트(338)의 낮은 밀도가 제공될 수 있다. 특정 예시에서, 예를 들어, 열 전달 유체가 고정자(300) 및 회전자의 단부를 통해 도입되면, 치형부(301)의 축방향 중심 근처의 치형부 세그먼트(338) 또는 그 일부는, 고정자(300)의 축방향 중심에서 낮은 열 전달을 상쇄시키도록 치형부(301)의 단부 부근의 치형부 세그먼트(338)보다 더 높은 자속 밀도 재료의 더 높은 밀도를 가질 수 있다.

[0106] 도 3g를 다시 참조하여, 적층된 치형부(301)는 전술된 바와 같이 각각의 치 채널(321) 내에 삽입된다. 조립된 고정자(300)는 인접한 치형부(301)들 사이에 형성된 채널(350)을 포함한다. 케이בל 및/또는 형성된 전도체는 고정자(300)의 권선부를 형성하도록 이러한 권선 채널(350)을 통해 공급되거나 또는 권선 채널 내에 위치될 수 있다.

[0107] 기재된 바와 같이, (도 3b에 도시된) 조립된 고정자(300)는 치형부 및 요크부가 동일한 재료를 제조되었을 때보다 높은 자속 밀도를 달성할 수 있는 고정자 코어를 제공한다. 또한, 이러한 구성은, 개선된 자속 밀도가 요구되는 치 영역에서와 같은 특정 장소에서만 더 고가의 재료를 이용하여 비용을 절감시키고, 요크와 같이 덜 중요한 영역에서 그렇지 않다. 또한, 복수의 세그먼트(315)로부터의 요크(303)의 구조는 제조시 폐기물을 감소시킨다. 특히, 시트 재료로부터 세그먼트(315) 또는 치형부 세그먼트(338)를 각각 형성하기 위해 적층체(311, 339)를 생산할 때, 적층체(311 및 339)는 시트상에 더 조밀하게 배치되어 더 적은 폐기물을 남긴다. 또한, 치형부 세그먼트(338) 및 요크 세그먼트(315)는 제조 비용을 더 감소시키도록 대량 생산될 수 있다.

[0108] 전술된 고정자(300)와 같은 전기 기계의 고정자는 수많은 다양한 방법으로 조립될 수 있다. 특정 예시에서, 고정자 코어(335)는 요크(303)를 형성하기 위해 4 개의 요크 세그먼트(315)를 결합시키고, 적절한 수의 치형부 세그먼트(338)를 요크(303)에 결합시킨 후, 고정자 코어(335)를 형성하기 위해 단부 플레이트(307)를 따라 결과물인 조립체들을 서로 결합시킴으로써 조립될 수 있다. 특정 예시에서, 고정자 코어(335)는 완성된 치형부(301)를 형성하고[즉, 완성된 치형부(301)를 형성하기 위해 치형부 세그먼트(338)를 함께 결합시킴으로써], 완성된 고정자 스택을 형성한 후[즉, 복수의 요크(303)를 함께 결합시킴으로써], 고정자 코어(335)를 형성하기 위해 완성된 고정자 스택에 완성된 치형부(301)를 조립하고 단부 플레이트(307)를 추가함으로써 조립될 수 있다. 특정 예시에서, 고정자 코어(335)는 다른 방식으로 조립될 수 있다. 권선부(302)는 수많은 다양한 방법으로 고정자 코어(335)에 권선될 수 있다. 특정 예시에서, 권선부(302)는 고정자 스택 내로 조립되기 이전에 완성된 치형부(301)[예를 들어, 체결구를 이용하여 서로에 대해 제 위치에 유지되는 치형부(301)]에 권선될 수 있다. 특정 예시에서, 권선부(302)는 완성된 고정자 코어(335), 즉 고정자 스택 및 치형부(301)가 함께 조립된 후에 권선될 수 있다. 권선부(302) 및 치형부(301)의 조립체 및/또는 전체 조립된 고정자(300)는 코팅 재료로 진공 가압 함침될 수 있고, 예를 들어, 원하는 기계 및 전기 특성을 달성하기 위해 베이킹될 수 있다. 특정 예시에서, 잠금 플레이트는 고정자 스택에 치형부(301)를 고정하도록 고정자 스택의 단부에 부착될 수 있다.

[0109] 전술된 바와 같이, 고정자(300)의 구조는 치형부와 요크 사이에 상이한 재료의 사용을 허용한다. 이러한 구조는 자속 밀도의 최적화 및 손실 및 관련된 제조 비용을 감소시킬 수 있다. 이러한 조립 공정은 달리 달성될 수 없는 권선 기술을 사용하여 더 큰 이익을 갖는다. 또한, 이러한 방식으로 형성된 권선부는 이에 부착된 냉각 장치를 가질 수 있다. 이러한 조합은 종래 권선 기술로는 가능하지 않았을 것이다.

[0110] 도 31 내지 도 3q는 전기 기계(102)와 같은 전기 기계의 고정자(300 또는 108)와 같은 고정자 주위에 형성된 보호 베리어(316)의 실시예를 도시한다. 보호 베리어(316)는 고정자(300)가 존재하는 고정자 공동(353)을 형성한다. 고정자 공동(353)은 유체로 채워지거나 채워지지 않을 수 있다. 도 31은 전기 기계(102)와 유사할 수 있는 예시적인 전기 기계의 단면도를 도시한다. 전기 기계는 하우징(314), 고정자(300), 회전자(306), 및 보호 베리어(316)를 포함한다. 보호 베리어(316)는 또한 전기 기계(102)를 통과하는 유체의 고정자 공동(353)으로의 침입을 막을 수 있다. 보호 베리어(316)는 원통형 형상을 갖고, 내부 반경의 폐쇄 단부(354), 외부 반경의 개방 단부(356)를 갖는다. 폐쇄 단부(354)는 실린더(358)에 의해 형성되고, 개방 단부(356)는 측부 플랜지(360)에 의해 형성된다. 측부 플랜지(360)는 하우징(314)과 접하고, 및/또는 이에 부착된다. 전술한 바와 같이, 보호 베리어(316)는, 예를 들어, 전기 기계(102)가 회전자(306)와 고정자(300) 사이로 이들 통과하는 유체[화살표

(362)에 의해 표시]를 갖는 범람 용례에 있어서 고정자(300)를 보호한다. 따라서, 보호 베리어(316)는 전기 기계 및 그 부품이 유체(예를 들어, 해수, 냉각 유체, 공정 유체) 또는 전기 기계를 통과하는 다른 이질 물질에 노출되는 것으로부터 보호한다.

[0111] 또한, 보호 베리어(316)는 고정자(300)와 회전자(306) 사이의 접촉을 막음으로써 전기 기계를 보호한다. 또한, 보호 베리어(316)는, 고정자(300)와 회전자(306) 사이로 전기 기계(102)를 통과하는 (임의의 미립자 및/또는 그 내부에 포함된 오염물을 포함하는) 유체에 의해 기인될 수 있는 마모 및/또는 부식과 같은, 부식 및/또는 마모에 대해 저항력을 갖는 재료로 형성될 수 있다. 보호 베리어(316)는 또한 전기 기계를 통과하는 유체와 고정자 공동(353)에 포함된 임의의 유체 사이에 압력 변화에 저항하도록 구성될 수도 있다. 보호 베리어(316)는 또한 하우징(314)과 고정자(300)의 열 팽창 및 수축을 수용하도록 구성될 수도 있다.

[0112] 도 3m은 예시적 전기 기계의 부분 단면도를 도시한다. 도시되는 바와 같이, 보호 베리어(316)의 실린더(358)는 제1 부분(364) 및 접하는 제2 부분 또는 링(366)을 포함한다. 특정 예에서, 실린더(358)는 통상 상용으로 입수할 수 있는 미리 형성된 튜빙(pre-formed tubing)일 수 있다. 몇몇 실시예에 따르면, 실린더(358)의 제1 부분(364)의 제1 에지(368)는 외향으로 확개된 부분(370)과 테이퍼진 부분(372)을 포함할 수 있다. 테이퍼진 부분(372)은 외향으로 확개된 부분(370)으로부터 연장된다. 테이퍼진 부분(372)은 측부 플랜지(360)들 중 하나 내에 형성된 테이퍼진 채널(374) 내로 수납된다. 테이퍼진 부분(372)과 테이퍼진 채널(374)은 함께 끼워져 시일을 제공할 수 있다. 예를 들어, 테이퍼진 부분(372)과 테이퍼진 채널(374)은 억지 끼움(interference fit)으로 함께 끼워질 수 있다. 특정 예에서, 시일은 유체의 통과를 방지할 수 있다. 또한, 테이퍼진 채널(374)은, 예를 들어, 테이퍼진 채널의 내부 부분으로부터 대기로 또는 고정자 공동(353)으로 연장되는 적어도 하나의 개구(376)를 포함한다. 적어도 하나의 개구(376)는 테이퍼진 부분(372)이 테이퍼진 채널(374) 내로 조립되는 동안 채널로부터 공기가 배출되게 하여 견고한 부착을 제공한다.

[0113] 또한, 링(366)의 제1 에지(378)는 테이퍼질 수 있고, 유사하게, 측부 플랜지(360)들 중 2번째 내에 형성된 다른 테이퍼진 채널(374) 내로 수납될 수 있다. 또한, 링(366)의 제1 에지(378)와 테이퍼진 채널(374)은 억지 끼움으로 함께 끼워져 유체의 침투에 대한 시일을 제공할 수 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 테이퍼진 채널(374)은 전술한 하나 이상의 개구(376)를 포함하여, 제1 에지(378)와 테이퍼진 채널(374)의 조립 동안 테이퍼진 채널(374)로부터의 공기 배출(즉, 압력 균등화)을 제공할 수 있다.

[0114] 제1 부분(364)의 제2 에지들(382 및 384)과 링(366) 각각은 중첩되어 테이퍼진 조인트(386)를 형성한다. 특히, 몇몇 실시예에서, 제1 부분(364)의 제2 에지들(382, 384)과 링(366)의 인접한 표면들은 각각 중첩되고 서로에 대해 접하여 테이퍼진 조인트(386)를 형성한다. 테이퍼진 조인트는 시일을 형성하여 유체의 통과를 방지한다. 특정 예에서, 제1 부분(364)의 제2 에지(382)는 외향으로 확개될 수 있다. 테이퍼진 조인트(386)는 여전히 고정자 공동(353) 내로의 유체의 침투를 방지하는 시일을 유지하면서도 보호 베리어(354)의 치수 편차를 허용한다. 예를 들어, 전기 기계(102)의 작동 동안, 전기 기계(102)의 구성요소는 회전 속도 및/또는 온도 변화와 같은 것에 기인한 팽창 및/또는 수축을 경험할 수 있고, 테이퍼진 조인트(386)는 결합된 상태로 유지될 수 있다. 특정 예에서, 테이퍼진 조인트(386)는 수밀 시일을 형성할 수 있다. 또한, 테이퍼진 조인트(386)에서의 링(366)과 제1 부분(364) 사이의 접촉 압력은 하우징(314)의 팽창으로 증가될 수 있다. 다르게는, 테이퍼진 조인트(386)는 테이퍼진 조인트(386)의 압력이 하우징(314)의 수축으로 증가될 수 있도록 구성될 수 있다.

[0115] 몇몇 실시예에 따르면, 실린더(358)의 링(366) 또는 제1 부분(364) 중 하나 또는 모두(즉, 회전자의 영구 자석에 근접한 부분)는 섬유 및 폴리머 합성물 재료로부터 형성될 수 있다. 특정 예에서, 실린더(358)는 열가소성 또는 열경화성 매트릭스 내에 제공된 카본 또는 유리 섬유 합성물 재료로부터 형성될 수 있다. 이러한 재료는 높은 강도, 내부식성, 내마모성을 제공하며 자성 투과성이 아니다(not magnetically permeable). 특정 예에서, 측부 플랜지(360)는 금속으로부터 형성될 수 있다.

[0116] 도 3n은 테이퍼진 조인트가 없는 보호 베리어(354)의 다른 실시예를 도시한다. 이러한 실시예에서, 실린더(358)는 확개된 채널(374) 내로 수납되는 대향된 테이퍼진 에지(388)들을 포함한다. 또한, 테이퍼진 에지(388)와 테이퍼진 채널(374)은 억지 끼움을 형성하여 시일을 생성할 수 있다. 특정 예에서, 시일은 유체의 침투를 방지하는 수밀 시일일 수 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 테이퍼진 채널(374)은 조립 동안 압력 균등화를 제공하기 위해 하나 이상의 개구(376)를 포함할 수 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 실린더(358)는 합성물 재료로부터 형성되고, 실린더(358)의 열 팽창 계수가 하우징(314)의 열 팽창 계수와 매칭되도록 합성물의 섬유가 배향되고 그리고/또는 매트릭스 재료가 선택되어, 테이퍼진 조인트의 필요성을 없앤다. 특정 예에서, 실린더(358)는 통상 상용으로 입수할 수 있는 미리 형성된 튜빙일 수 있다.

- [0117] 도 3o에 도시된 실시예는 열 팽창 계수가 하우징(314)의 열 팽창 계수와 매칭되는 합성물 재료로부터 형성된 보호 베리어(354)를 도시한다. 이러한 실시예에서, 실린더(358)는 일체형 측부 플랜지(392)와 테이퍼진 에지(388)를 갖는다. 전술한 바와 같이, 테이퍼진 에지(388)는 테이퍼진 채널(374) 내로 끼워져 억지 끼움을 제공할 수 있다. 압력은, 테이퍼진 채널(374)로부터의 측부 플랜지(360)와 고정자 공동(353) 내에 형성된 하나 이상의 개구(376)를 통해 대기와 테이퍼진 채널(374) 내에 균등화될 수 있다. 일체형 측부 플랜지(392)는 일체형 측부 플랜지(392)의 외부 에지(396)를 보호하는 기능도 할 수 있는 링(394)에 의해 하우징(314)에 직접 고정될 수 있다. 임의의 실시예에서, 링(394)은 금속으로 형성될 수 있다.
- [0118] 도 3p 및 도 3q는 보호 베리어(354)의 추가 대안 실시예를 도시한다. 또한, 이러한 실시예에 예시된 보호 베리어(354)는 하우징(314)의 열 팽창 계수와 매칭되는 열 팽창 계수를 갖도록 설계된 합성물 재료로부터 형성될 수 있다. 도 3p에 도시된 바와 같이, 보호 베리어(354)의 실린더(358)는 측부 플랜지(360)의 내부면(393)에 접하는 외부면(391)을 포함하는 립부(398)를 포함할 수 있다. 링(395)은 립부(398)가 링(395)과 측부 플랜지(360) 사이에 샌드위치되도록 실린더(358)를 제자리에 클램핑하는 데 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 링(395)과 측부 플랜지(360)는 금속으로 형성될 수 있고, 다른 실시예에서는, 링(395)과 측부 플랜지(360)는 동일 형식의 금속으로 형성될 수 있다. 링(395), 실린더(358), 및 측부 플랜지(360)를 함께 고정하는 데 하나 이상의 체결구가 사용될 수 있다. 대안으로서 또는 조합에 있어서 접촉체가 사용될 수 있다.
- [0119] 도 3q는 외부 에지(397)의 실린더(358)의 내부면(381)이 측부 플랜지(360)의 외부면(383)에 접하는 다른 실시예를 도시한다. 외부 에지(397)의 측부 플랜지(360)에 실린더(358)를 고정시키는 데 링(385)이 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 링(385), 실린더(358), 및 측부 플랜지(360)를 함께 고정시키는 데 체결구 및/또는 접촉체가 사용될 수 있다. 이러한 방법에 추가하여 또는 대안으로서, 링은 실린더(358)의 내경보다 약간 더 큰 외경을 가질 수 있다. 따라서, 링(395)과 실린더(358)는 억지 끼움에 의해 유발된 마찰에 의해 측부 플랜지(360)에 대해 제자리에 유지될 수 있다. 또한, 링(385)과 측부 플랜지(360)는 금속으로 형성될 수 있고, 다른 경우에는, 링(385)과 측부 플랜지(360)는 동일 형식의 금속으로 형성될 수 있다.
- [0120] 도 4a는 전기 기계용 고정자의 예시적 코어(400)의 부분 개략 단부도이다. 예시적 코어(400)는 전기 기계(102)의 고정자(108)에서의 사용에 적합하다. 코어(400)는 전기 기계의 회전자를 수용하기 위한 실질적으로 원통형인 내부 체적을 형성한다. 코어(400)는 코어의 요크(422)로부터 코어의 내부 체적의 외부 주연부로 반경방향으로 연장되는 치형부(402)를 포함한다. 치형부는 전도성 권선부를 수용하기 위한 슬롯(404)을 형성한다. 예를 들어, 이웃하는 치형부(402a 및 402b)는 슬롯(404a)을 형성하고, 이웃하는 치형부(402b 및 402c)는 슬롯(404b)을 형성한다. 각 치형부(404)는 팁(420)을 갖는다. 도시된 바와 같이, 예를 들어 도 4a, 도 4b 및 도 4c에서 고정자는 각 치형부 쌍 사이에 슬롯을 가질 수 있으며, 각 치형부 쌍에서 각 슬롯은 평행한 슬롯 측부를 갖는 슬롯 영역을 갖고, 각 치형부는 평행한 치형부 측부를 갖는 치형부 구획을 갖는다.
- [0121] 각 치형부(402)는 요크(422)로부터 치형부의 팁(420)으로 연장되는 반경방향 길이를 갖는다. 예를 들어, 치형부(402a)는 요크(422)로부터 팁(420a)으로 연장되는 반경방향 길이를 갖고, 치형부(402b)는 요크(422)로부터 팁(420b)으로 연장되는 반경방향 길이를 갖는다. 도시된 예시에서, 치형부(402) 모두는 동일한 반경방향 길이를 갖는다. 몇몇 실시예에서, 치형부(402)의 일부는 동일하지 않은 반경방향 길이를 갖는다. 각 슬롯(404)은 요크(422)로부터 내부 체적으로 연장되는 반경방향 깊이를 갖는다. 슬롯(404)의 반경방향 깊이는 슬롯(404)을 형성하는 치형부(402)의 측부들과 요크(422)에 의해 형성될 수 있다. 예를 들어, 슬롯(404a)의 반경방향 깊이는 치형부(402a 및 402b)의 측부들과 요크(422)에 의해 형성되고, 슬롯(404b)의 반경방향 깊이는 치형부(402b 및 402c)의 측부들과 요크(422)에 의해 형성된다.
- [0122] 각 치형부(402)는 치형부(402)의 반경방향 길이를 따른 폭을 갖는다. 예를 들어, 주어진 지점에서의 치형부의 폭은 주어진 지점에서의 치형부에 의해 점유된 방위각 각도(azimuthal angle)에 관련된다. 치형부(402)는 치형부 폭이 치형부(402)의 반경방향 길이를 따라 일정하거나 실질적으로 일정한 제1 반경방향 구획을 가질 수 있다. 이로써 치형부는 치형부의 적어도 한 구획에 평행한 치형부 측부를 가질 수 있다. 치형부(402)는 치형부 폭이 치형부(402)의 반경방향 길이를 따라 변화하는 제2 반경방향 구획을 가질 수 있다. 이로써, 치형부는 치형부의 적어도 한 구획에 평행하지 않은 측부도 가질 수 있다. 치형부 폭은 제2 반경방향 구획의 치형부의 반경방향 길이를 따라 선형적으로 그리고/또는 비선형적으로 변화할 수 있다. 치형부의 반경방향 길이와 폭은 치형부의 면적을 결정할 수 있다. 예를 들어, 치형부의 면적은 치형부의 반경방향 길이 위의 치형부 폭의 적분으로 계산될 수 있다.
- [0123] 각 슬롯(404)은 슬롯(404)의 반경방향 깊이를 따른 폭을 가질 수 있다. 예를 들어, 주어진 지점에서의 슬롯의

폭은 슬롯(404)을 형성하는 2개의 치형부(402) 사이의 주어진 지점에서의 방위각 각도와 관련된다. 슬롯(404)은 슬롯 폭이 슬롯(404)의 반경방향 깊이를 따라 균일하거나 실질적으로 균일한 제1 반경방향 구획을 가질 수 있다. 이로써, 슬롯은 슬롯의 적어도 한 영역에 평행한 슬롯 측부를 가질 수 있다. 슬롯(404)은 슬롯 폭이 슬롯(404)의 반경방향 깊이를 따라 변화하는 제2 반경방향 구획을 가질 수 있다. 이로써, 슬롯은 슬롯의 적어도 한 영역에 평행하지 않은 측부도 가질 수 있다. 슬롯 폭은 제2 반경방향 구획 내의 슬롯의 반경방향 깊이를 따라 선형적으로 그리고/또는 비선형적으로 변화할 수 있다. 슬롯의 반경방향 깊이와 폭은 슬롯의 면적을 결정할 수 있다. 예를 들어, 슬롯의 면적은 슬롯의 반경방향 깊이 위의 슬롯 폭의 적분으로 계산될 수 있다.

[0124] 치형부(402)와 슬롯(404)의 기하학적 구조(예를 들어, 길이, 깊이, 폭, 면적)는 고정자(따라서, 전기 기계)의 성능과 효율성 면에 영향을 줄 수 있다. 슬롯(404)의 기하학적 구조는 슬롯 내에 설치될 수 있는 전도성 코일의 위치, 분포, 및/또는 단면적에 영향을 줄 수 있다. 코어(400)의 치형부 면적에 대한 슬롯 면적의 비율은 코어(400)로 달성될 수 있는 최대 파워, 파워 인자, 및/또는 효율성에 영향을 줄 수 있다. 치형부 폭이 치형부의 반경방향 깊이를 따라 변화하는 제1 반경방향 구획 및 치형부 폭이 치형부의 반경방향 깊이를 따라 균일한 제2 반경방향 구획을 갖는 치형부는, 슬롯 폭이 반경방향 깊이를 따라 변화하거나 균일한 제1 반경방향 구획 및 슬롯 폭이 변화하는 제2 반경방향 구획을 갖는 슬롯을 형성할 수 있다. 슬롯 폭이 반경방향 깊이를 따라 변화하는 제1 반경방향 구획 및 슬롯 폭이 반경방향 깊이를 따라 균일한 제2 반경방향 구획을 갖는 슬롯은 전기 기계의 성능 및/또는 효율성을 개선할 수 있다. 이러한 형식의 슬롯을 갖는 코어는 고정자 코어 재료(예를 들어, 철 또는 다른 재료)와 전도성 권선부 재료(예를 들어, 구리, 또는 다른 재료)의 사용에 균형을 이룰 수 있다. 예를 들어, 슬롯 폭이 반경방향 깊이를 따라 변화하는 제1 반경방향 구획 및 슬롯 폭이 반경방향 깊이를 따라 균일한 제2 반경방향 구획을 갖는 슬롯은 슬롯의 일부에 전도성 재료의 더 큰 단면적을 허용할 수 있고, 치형부의 다양한 부분(예를 들어, 요크(422) 부근의 치형부의 "루트(root)")에 과잉된 철을 방지할 수 있다. 이러한 구조를 갖는 슬롯은 (예를 들어, 제1 구획 내에) 케이블 권선부와 (예를 들어, 제2 구획 내에) 형성된 권선부 모두를 수용할 수 있다. 일부 경우에, 치형부 루트의 잉여 코어 재료는 자기적으로 충분히 활용되지 못하는 재료(magnetically under-utilized material)를 포함할 수 있다. 일부 경우에, 치형부 팁(420)에서 선속 밀도를 증가시키는 것은 전기 기계의 선속 로딩(flux loading)을 제한하고, 기계 성능을 저하시킬 수 있는, 슬롯(404)을 가로지르는 과도한 선속 누설 경로(excessive flux leakage path)를 허용한다.

[0125] 도 4a의 예시적 코어(400)에서, 치형부(402)와 슬롯(404) 모두는 동일하다. 치형부(402b)의 반경방향 구획(406b)은 치형부(402b)의 반경방향 깊이를 따라 변화하는 폭을 갖고, 치형부(402b)의 반경방향 구획(410b)은 치형부(402b)의 반경방향 깊이를 따라 균일한 폭을 갖는다. 슬롯(404b)의 반경방향 구획(408b)은 슬롯(404b)의 반경방향 깊이를 따라 균일하고, 슬롯(404b)의 반경방향 구획(412b)은 슬롯(404b)의 반경방향 깊이를 따라 변화하는 폭을 갖는다. 각 슬롯(404)의 단면은 요크(422)에 2개의 라운드형 코너를 갖는다. 라운드형 코너는 도 4b에 도시된 케이블 권선부 코일과 같은 라운드형 단면을 갖는 코일을 수용할 수 있다. 도 4a의 각 치형부(402)는 선속 및/또는 코어(400)의 다른 특성을 향상시킬 수 있는 넓은 팁(420)을 갖는다.

[0126] 도 4b는 도 4a의 예시적 코어(400)의 부분 개략 단부도이다. 도 4b는 슬롯(404b) 내에 설치된 예시적 전도성 코일을 도시한다. 도시된 코일은 케이블 권선부의 코일이다. 코일(414a, 414b, 414c, 및 414d)은 슬롯(404b)의 구획(408b) 내에 존재한다. 코일(414e, 414f, 414g, 414h, 414i, 414j, 414k, 및 414l)은 슬롯(404b)의 구획(412b) 내에 존재한다.

[0127] 도 4c는 전기 기계용 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다. 예시적 코어(400)는 전기 기계(102)의 고정자(108)의 코어일 수 있다. 도 4c의 예시적 코어(400)에서, 치형부(402)와 슬롯(404) 모두는 동일하다. 치형부(402b)의 반경방향 구획(406b)은 치형부(402b)의 반경방향 깊이를 따라 변화하는 폭을 갖고, 치형부(402b)의 반경방향 구획(410b)은 치형부(402b)의 반경방향 깊이를 따라 균일한 폭을 갖는다. 슬롯(404b)의 반경방향 구획(408b)은 슬롯(404b)의 반경방향 깊이를 따라 균일한 폭을 갖고, 슬롯(404b)의 반경방향 구획(412b)은 슬롯(404b)의 반경방향 깊이를 따라 변화하는 폭을 갖는다. 각 슬롯(404)의 단부는 요크(422)에 2개의 실질적으로 사각형인 코너를 갖는다. 실질적으로 사각형인 코너는, 도 4c에 도시된 형성된 권선부 코일(416)과 같은 사각형 코너를 갖는 단면을 갖는 코일을 수용할 수 있다.

[0128] 도 4c는 슬롯(404b) 내에 설치된 예시적 전도성 코일을 도시한다. 도시된 코일의 일부는 형성된 권선부이고, 도시된 코일의 일부는 케이블 권선부의 코일이다. 형성된 권선부 코일(416a 및 416b)은 슬롯(404b)의 구획(408b) 내에 존재한다. 케이블 권선부 코일(414)은 슬롯(404b)의 구획(412b) 내에 존재한다. 도 4c의 각 치형부(402)는 선속 및/또는 코어(400)의 다른 특성을 향상시킬 수 있는 좁아진 팁(420)을 갖는다.

- [0129] 도 4d는 예시적 코어(400)의 부분 개략 단부도이다. 도 4d는 각 치형부가 평행하지 않은 측부를 갖는 2개의 구획을 포함하는 예시적 각 인자를 도시한다. 각 치형부의 제1 구획은 제1 각도에 평행하지 않은 측부를 갖고, 각 치형부의 제2 구획은 제2 각도에 평행하지 않은 측부를 갖는다. 제1 각도와 제2 각도는 상이하다. 도시된 예시에서, 제1 각도는 1.9도이고, 제2 각도는 제1 각도보다 0.7도 더 크다(즉, 2.6도). 다른 각도 및/또는 각도 차이가 사용될 수 있다.
- [0130] 도 4e는 전기 기계용 고정자의 예시적 코어의 부분 개략 단부도이다. 예시적 코어(400)는 전기 기계(102)의 고정자(108)의 코어일 수 있다. 도 4e의 예시적 코어(400)에서, 치형부(402)와 슬롯(404) 모두는 동일하다. 치형부(402b)의 반경방향 구획(406b)은 치형부(402b)의 반경방향 길이를 따라 균일한 폭을 갖고, 치형부(402b)의 반경방향 구획(410b)은 치형부(402b)의 반경방향 길이를 따라 변화하는 폭을 갖는다. 슬롯(404b)의 반경방향 구획(408b)은 슬롯(404b)의 반경방향 깊이를 따라 변화하는 폭을 갖고, 슬롯(404b)의 반경방향 구획(412b)은 슬롯(404b)의 반경방향 깊이를 따라 균일한 폭을 갖는다. 각 슬롯(404)의 단부는 요크(422)에 2개의 실질적으로 라운드형 코너를 갖는다. 실질적으로 라운드형 코너는 케이블 권선부의 라운드형 코일과 같은 라운드형 단부를 갖는 코일을 수용할 수 있다.
- [0131] 도 4e에서 도시된 코일의 일부는 형성된 권선부의 코일이고, 도시된 코일의 일부는 케이블 권선부의 코일이다. 케이블 권선부 코일(414)은 슬롯(404b)의 구획(408b) 내에 존재한다. 형성된 권선부 코일(416c 및 416d)은 슬롯(404b)의 구획(412b) 내에 존재한다. 도 4e의 각 치형부(402)는 선속 및/또는 코어(400)의 다른 특성을 향상시킬 수 있는 좁아진 틈(420)을 갖는다.
- [0132] 도 4f는 전기 기계용 고정자(450)의 예시적 단부 권회부의 개략적 단부도이다. 예시적 고정자(450)는 전기 기계(102)의 고정자(108)를 위해 사용될 수 있다. 고정자(450)의 단부 권회부(452)와 고정자(450)의 코어(454)의 일부분만 도 4f에 도시된다. 고정자(450)는 도 4f에 도시되지 않은 다른 부분을 포함한다.
- [0133] 고정자(450)는 형성된 권선부를 포함한다. 형성된 권선부의 코일은 고정자 코어의 축방향 길이를 연장하는 축방향 구획(도 4f에 도시되지 않음)을 포함한다. 형성된 권선부의 코일은 고정자 코어의 축방향 단부 너머의 단부 권회부 다발을 형성하는 복수의 단부 권회부(452)를 포함한다. 단부 권회부 다발은 단부 권회부(452)의 4개의 개재된 반경방향 층(464)을 형성하는 단부 권회부(452)의 2개의 그룹을 포함한다. 각 그룹은 4개의 층(464) 중 2개를 형성한다. 각 그룹의 한 층은 다른 그룹의 2개의 층 사이에 반경방향으로 존재한다.
- [0134] 고정자(450)는 전기 기계의 회전자를 수용하기 위한 실질적으로 원통형인 내부 체적인 내부 보어(451)를 형성하는 코어(454)를 포함한다. 도 4g에 도시된 바와 같이, 코어(454)는 반경방향 내향으로 보어(451)를 향해 연장되는 복수의 치형부(456)를 갖고, 치형부(456)는 전도성 권선부(예를 들어, 형성된 권선부, 케이블 권선부, 또는 다른 형식)를 수용하는 슬롯(458)을 형성한다. 권선부의 코일은 코어의 축방향 길이를 점유하는 축방향 구획(도 4g에 도시되지 않음)을 포함한다. 각 축방향 구획은 코어의 2개의 축방향 단부들 사이에 연장될 수 있다. 권선부의 코일은 코어의 축방향 단부 너머로 연장되는 단부 권회부(452)를 포함한다. 각 단부 권회부(452)는 코일의 2개의 축방향 구획을 연결한다. 하나 이상의 코일의 축방향 구획은 각 슬롯 내에 존재할 수 있다. 각 단부 권회부(452)는 제1 축방향 구획에 연결되는 제1 단부 및 제2 축방향 구획에 연결되는 제2 단부를 갖는다. 도 4g에 도시된 바와 같이, 각 단부 권회부의 제1 단부는 제1 주연 위치에서 연결하고, 각 단부 권회부의 제2 단부는 제2 주연 위치에서 연결한다. 도 4g에 도시된 실시예에서, 제1 단부는 코어의 반경방향 중심으로부터 제1 반경방향 거리에서 연결하고, 제2 단부는 코어의 반경방향 중심으로부터 제2 반경방향 거리에서 연결한다. 몇몇 실시예에서, 단부 권회부의 모든 단부는 코어의 중심으로부터 동일한 반경방향 거리에서 코일의 축방향 구획에 연결한다.
- [0135] 도 4f에 도시된 바와 같이, 단부 권회부 다발은 단부 권회부(452)의 복수의 그룹을 포함할 수 있다. 단부 권회부(452)의 각 그룹은 코어(454)의 반경방향 중심 둘레의 상이한 반경에 층(464)을 형성할 수 있다. 단일 단부 권회부(452)는 주로 그룹들 중 하나에 의해 형성된 2개의 층 내에 존재한다. 예를 들어, 단부 권회부(452a)는 층(464a) 내에 제1 부분을 갖고, 단부 권회부(452a)는 상이한 층(464c) 내에 제2 부분을 갖는다. 다른 예시로서, 단부 권회부(452b)는 층(464b) 내에 제1 부분을 갖고, 단부 권회부(452b)는 상이한 층(464d) 내에 제2 부분을 갖는다. 층(464a 및 464c)은 단부 권회부(452a)로서 반경방향으로 위치한 단부 권회부(452)의 제1 그룹에 의해 형성된다. 제1 그룹 내의 각 단부 권회부(452)는 제1 그룹의 다른 부재로부터 원주방향으로 오프셋된다. 층(464b 및 464d)은 단부 권회부(452b)로서 반경방향으로 위치한 단부 권회부(452)의 제2 그룹에 의해 형성된다. 제2 그룹 내의 각 단부 권회부(452)는 제2 그룹의 다른 부재로부터 주연방향으로 오프셋된다. 층(464a)은 층(464b)의 반경방향으로 내측이고, 층(464b)은 층(464c)의 반경방향으로 내측이고, 층(464c)은 층

(464d)의 반경방향으로 내측이다. 따라서, [단부 권회부(452a)로서 반경방향으로 구성된] 단부 권회부의 제1 그룹과 [단부 권회부(452b)로서 반경방향으로 구성된] 단부 권회부의 제2 그룹은 단부 권회부의 4개의 층을 형성하도록 개재된다.

[0136] 각 단부 권회부(452)는 코어(454)의 단부에 평행한 평면 단면을 통과한다. 단부 권회부의 제1 그룹의 각 단부 권회부(452)는 단부 권회부의 2개의 층을 형성하고, 제1 반경과 제3 반경에서 평면 단면을 통과한다. 제1 반경은 제3 반경보다 작다. 단부 권회부의 제2 그룹의 각 단부 권회부(452)는 2개의 상이한 층을 형성하고, 제2 반경과 제4 반경에서 평면 단면을 통과한다. 제2 반경은 제4 반경보다 작다. 단부 권회부의 제1 그룹과 단부 권회부의 제2 그룹은 개재되어, 제2 층은 제1 층과 제3 층 사이에 존재하고(즉, 제1 반경은 제2 반경보다 작고, 제2 반경은 제3 반경보다 작음), 제3 층은 제2 층과 제4 층 사이에 존재한다(즉, 제2 반경은 제3 반경보다 작고, 제3 반경은 제4 반경보다 작음).

[0137] 각 단부 권회부(452)는 단부 권회부의 2개의 단부들 사이에 연장되어 코어(454)로부터 연장되는 부분 루프를 형성한다. 몇몇 실시예에서, 단부 권회부의 2개의 그룹이 개재될 시, 한 그룹 내의 각 단부 권회부는 다른 그룹 내의 하나 이상의 단부 권회부에 의해 형성된 부분 루프를 통과한다. 예를 들어, 단부 권회부(452a)는 단부 권회부(452b)에 의해 형성된 부분 루프를 통과한다.

[0138] 일부 경우에, 단부 권회부의 4개의 개재된 반경방향 층을 형성하는 단부 권회부의 2개의 그룹을 포함하는 단부 권회부 다발은 다른 구조보다 종방향으로 더 짧은 단부 권회부 다발을 형성할 수 있다. 예를 들어, 단부 권회부의 2개의 그룹이 개재되지 않고, 대신 2개의 그룹이 4개보다 적은 단부 권회부의 층을 형성하면, 단부 권회부 다발은 4개 층 다발의 거의 2배만큼 길 수 있다. 더 긴 단부 권회부 다발이 전기 기계 내에 더 많은 축방향 공간을 소비하고, 회전자 베어링 저널이 더 멀리 이격되게 위치되게 할 수 있다. 더 짧은 단부 권회부 다발은 전기 기계 내에 더 작은 축방향 공간을 소비하고, 회전자 베어링 저널이 더 가까이 함께 위치되게 할 수 있다. 회전자 베어링 저널이 축방향으로 더 가까이 함께 있을 시, 베어링 저널은 더 적은 응력과 손상을 입을 수 있고 그리고/또는 회전자를 위한 더 좋은 안정성을 제공할 수 있다. 따라서, 단부 권회부의 2개의 개재된 그룹을 포함하는 단부 권회부 다발은 전기 기계 내에 더 작은 축방향 공간을 소비할 수 있고, 회전자 베어링 저널들 사이에 더 작은 축방향 거리를 허용하고, 그리고/또는 전기 기계의 부분에 마모 및/또는 손상을 감소시킬 수 있다. 일부 경우에, 단부 권회부의 2개의 개재된 그룹을 포함하는 단부 권회부 다발은 다른 구조에서 단부 권회부 다발이 소비할 축방향 공간의 대략 반을 소비할 수 있다.

[0139] 도 4h는 예시적 고정자(450)의 부분 개략 측면도이다. 도 4i는 코어(454)의 일부분과 고정자(450)의 예시적 단부 권회부(452a, 452b)의 부분 개략 측면도이다. 도 4j는 예시적 고정자(450)의 축방향 중심 부근으로부터 예시적 고정자(450)의 축방향 단부를 향한 개략 단면도이다. 도 4k는 고정자(450)의 단부 권회부(452a 및 452b)의 부분 개략도이다.

[0140] 도 4l은 예시적 단부 권회부(460)와 예시적 단부 권회부(4200)의 개략도이다. 예시적 단부 권회부(460)는 전기 기계(102)의 고정자(108) 내에 포함될 수 있다. 예시적 단부 권회부(460)는 4개의 반경방향 층을 갖는 단부 권회부 다발을 형성하는 단부 권회부의 2개의 개재된 세트를 포함하는 랩 권선 구성(lap winding configuration)으로 포함될 수 있다. 예시적 단부 권회부(4200)는 단부 권회부의 개재된 세트를 포함하지 않는 전형적인 랩 권선 구성을 위해 설계된다. 실질적으로 동일한 반경방향 치수의 고정자 내의 그들의 각각의 구성에서, 예시적 단부 권회부(460 및 4200)는 동일한 방위각 각도를 점유할 수 있다. 도 4l은 단부 권회부(460 및 4200)의 예시적 치수를 포함한다. 일부 경우에 단부 권회부는 상이한 치수를 갖는다.

[0141] 도 4m은 예시적 단부 권회부(460)와 고정자 코어(462)의 일부분의 개략적 사시도이다. 고정자의 반경방향 치수는 예시의 목적을 위해 도 4m에 전형 치수로 맵핑된다. 단부 권회부(460)는 직교좌표계 내에 단부 권회부(452)를 나타낸다. 코어(462)는 직교좌표계 내에 코어(454)를 나타낸다. 단부 권회부(460)는 직교좌표계 내에 나타내진 단부 권회부의 4개의 개재된 반경방향 층을 형성하는 단부 권회부의 2개의 그룹을 포함한다. 단부 권회부(460a)를 포함하는 단부 권회부의 제1 그룹은 단부 권회부(460a)와 동일한 반경방향 위치에 단부 권회부(460a)로부터 주연방향으로 오프셋되어 복수의 단부 권회부를 포함한다. 단부 권회부(460b)를 포함하는 단부 권회부의 제2 그룹은 단부 권회부(460b)와 동일한 반경방향 위치에 단부 권회부(460b)로부터 주연방향으로 오프셋되어 복수의 단부 권회부를 포함한다.

[0142] 도 4n은 직교좌표계에 나타내진 예시적 단부 권회부(460a 및 460b)와 예시적 고정자 코어(462)의 부분의 개략적 사시도이다. 도 4n에 도시된 바와 같이, 단부 권회부(460)의 단부와 코어(462)는 고정자 코어의 슬롯 내에 간극(466)을 형성한다. 각 슬롯은 2개의 간극을 포함한다. 하나의 간극은 2개의 상이한 단부 권회부의 단부들

사이에 있다. 간극(466a)은 고정자 코어와 제1 슬롯 내에 존재하는 단부 권회부의 단부 사이의 제1 반경에서 제1 슬롯 내에 형성되고, 간극(466b)은 제2 슬롯 내에 존재하는 2개의 단부 권회부의 단부들 사이의 제2 반경에서 제2 슬롯 내에 형성되고, 간극(466c)은 제1 슬롯 내에 존재하는 2개의 단부 권회부의 단부들 사이의 제3 반경에서 제1 슬롯 내에 형성되고, 간극(466d)은 제2 슬롯 내에 존재하는 단부 권회부의 단부 너머의 제4 반경에서 제2 슬롯 내에 형성된다. 일부 경우에, 냉각제 유체(예를 들어, 공기, 질소, 또는 다른 가스)는 전도성 권선부를 냉각시키기 위해 슬롯 내의 간극(466)을 통해 유동할 수 있다. 예를 들어, 간극(466)은 고정자의 축방향 단부들 사이에 축방향으로 연장될 수 있고, 고정자의 축방향 길이의 모두 또는 부분을 따라 냉각제 유동 경로를 제공한다. 냉각제 유체는 [예를 들어, 간극(466b 및 466c) 내에] 고정자 코어 내의 전도성 권선부의 축방향 구획들 사이에서 유동할 수 있다. 냉각제 유체는 [예를 들어, 간극(466a) 내에] 고정자 코어와 전도성 권선부의 축방향 구획 사이에 유동할 수 있다. 냉각제 유체는 [예를 들어, 간극(466d) 내에] 회전자와 전도성 권선부의 축방향 구획 사이에 유동할 수 있다. 냉각제는 단부 권회부와 권선부의 축방향 구획을 냉각시키기 위해 중간 스택 입구(mid-stack inlet)로부터 단부 권회부를 둘러싸는 체적으로 유동할 수 있다. 냉각제는 단부 권회부와 권선부의 축방향 구획을 냉각시키기 위해 단부 권회부를 둘러싸는 체적으로부터 중간 스택 출구로 유동할 수 있다. 냉각제는 회전자와 고정자 사이의 간극 내에서 추가적으로 또는 대안적으로 유동할 수 있다.

[0143] 일부 경우에 슬롯은 교호적인 깊이를 갖는다. 예를 들어, 코어(462) 내의 슬롯의 일부는 얇은 슬롯 깊이를 가져 간극(466a)의 체적을 제거하거나 감소시킬 수 있다. 이는 고정자의 자속 특성을 향상시킬 수 있다.

[0144] 도 4o는 직교좌표계에 나타내진 예시적 단부 권회부의 개략적 사시도이다. 명확하게 도시하기 위해 도 4o에 2개의 단부 권회부(460a 및 460b)만 도시된다.

[0145] 단부 권회부의 4개의 층을 형성하기 위해 개재된 단부 권회부의 2개의 그룹을 포함하는 단부 권회부 다발은 형성된 권선부, 케이블 권선부, 또는 그들의 조합을 포함할 수 있다. 도 4f, 도 4g, 도 4h, 도 4i, 도 4j, 도 4k, 도 4l, 도 4m, 도 4n, 및 도 4o는 형성된 단부 권회부의 4개의 층을 형성하기 위해 개재된 형성된 단부 권회부의 2개의 그룹을 포함하는 형성된 단부 권회부 다발의 예시적 태양을 도시한다. 도 4f, 도 4g, 도 4h, 도 4i, 도 4j, 도 4k, 도 4l, 도 4m, 도 4n, 및 도 4o의 도시된 단부 권회부 각각은 표준 단부 권회부 형성 장비를 사용하여 축조될 수 있다. 그러나, 일부 도시되지 않은 실시예는 비표준 단부 권회부 형성 공정을 필요로 할 수 있다. 도 4p 및 도 4q는 케이블 단부 권회부의 4개의 층을 형성하기 위해 개재된 케이블 단부 권회부의 2개의 그룹을 포함하는 케이블 단부 권회부 다발의 예시를 도시한다.

[0146] 도 4p는 전기 기계의 고정자의 예시적인 단부 권회부 다발(470)의 개략적인 측면도이다. 예시적인 단부 권회부 다발(470)은 전기 기계(102)의 고정자(108) 내에 포함될 수 있다. 도 4q는 예시적인 단부 권회부 다발(470)의 개략적인 사시도이다. 도 4ee는 예시적인 단부 권회부 다발(470)의 개략적인 단부도이다. 도 4ff는 예시적인 단부 권회부 다발(470)의 두 개의 단부 권회부의 개략적인 단부도이다. 도 4gg는 예시적인 단부 권회부 다발(470)의 4개의 단부 권회부의 개략적인 단부도이다. 도 4hh는 예시적인 단부 권회부 다발(470)의 두 개의 단부 권회부의 개략적인 측면도이다. 도 4ii는, 예시적인 고정자의 축방향 단부를 향하여 예시적인 고정자의 축방향 중심 근처에서 볼 때, 단부 권회부 다발(470)의 개략적인 단면도이다.

[0147] 예시된 예시적인 단부 권회부 다발(470)은 케이블 권선을 포함한다. 케이블 권선의 코일은 고정자 코어의 축방향 길이를 연장하는 (도 4p, 도 4q, 도 4ee, 도 4ff, 도 4gg, 도 4hh 및 도 4ii에는 미도시) 축방향 구획을 포함한다. 케이블 권선의 코일은 축방향 단부 고정자 코어를 넘는 단부 권회부 다발(470)을 형성하는 복수의 단부 권회부를 포함한다. 단부 권회부 다발(470)은 단부 권회부의 4개의 끼움 반경방향 층(interleaved radial layer)들을 형성하는 2개의 그룹의 단부 권회부들을 포함한다. 제1 그룹의 단부 권회부는 단부 권회부(4001a, 4001c 및 4001e)들을 포함한다. 제2 그룹의 단부 권회부는 단부 권회부(4001b, 4001d)들을 포함한다. 각각의 그룹은 4개의 층들 중 2개의 층을 형성한다. 제1 그룹은 단부 권회부의 제1 층(최외부)과 단부 권회부의 제3 층을 형성한다. 제2 그룹은 단부 권회부의 제4 층(최내부)과 단부 권회부의 제2 층을 형성한다. 각각의 그룹 내의 하나의 층은 반경방향으로 다른 하나의 그룹의 두 개의 층들 사이에 있다. 특히, 제2 층은 반경방향으로 제1 층과 제3 층 사이에 있고, 제3 층은 반경방향으로 제2 층과 제4 층 사이에 있다.

[0148] 도 4ff, 도 4gg 및 도 4ii에서 도시된 바와 같이, 예시적인 단부 권회부 다발(470)의 2개의 그룹의 단부 권회부들은 고정자에 가장 근접한 단부 권회부 다발의 축방향 구획에서 2개의 반경방향 층들만을 형성한다. 특히, 단부 권회부 다발(470) 내의 모든 단부 권회부들은 단부면 상의 제1 반경에서 코어의 단부면을 빠져나가고 단부면 상의 제2 반경에서 코어에 재진입한다. 단부 권회부들의 제1 그룹(4001a, 4001c 및 4001e 포함)은 제1 반경 상의 출구 위치에서 코어의 단부면을 통해 코어를 빠져나가고, 제1 반경방향 층을 향하여 선회하고, 제1 반경방향

층을 통해 연장하고, 제3 반경방향 층을 향하여 선회하고, 제3 반경방향 층을 통해 연장하고, 제2 반경 상의 재진입 위치에서 단부면을 통해 코어에 재진입한다. 도시된 예에서, 코어에 재진입하기 전에, 제1 그룹 단부 권회부들은 제2 반경을 향하여 제3 층으로부터 반경방향 내부로 각각 만족한다.

[0149] 단부 권회부들의 제2 그룹(4001b, 4001d 포함)은 제1 반경 상의 출구 위치에서 단부면을 통해 코어를 빠져나가고, 제2 반경방향 층을 향하여 선회하고, 제2 반경방향 층을 통해 연장하고, 제4 반경방향 층을 향하여 선회하고, 제4 반경방향 층을 통해 연장하고, 제2 반경 상의 재진입 위치에서 단부면을 통해 코어에 재진입한다. 도시된 예에서, 제2 그룹 내의 각각의 단부 권회부는 제1 그룹 내의 이웃하는 코일을 수용한다. 예를 들어, 도 4gg에서 도시된 바와 같이, 단부 권회부(4001d)는 제1 반경 상의 단부면을 빠져나가고, 반경방향 외부로 선회하고, 단부 권회부의 제2 층을 통해 연장하고, 반경방향 내부로 선회하고, 단부 권회부의 제4 층을 통해 연장하고, 단부 권회부(4001e)를 수용하도록 반경방향 내부로 선회하고, 이어서 제2 반경 상의 단부면에 재진입하도록 반경방향 외부로 선회한다.

[0150] 도 4r 및 도 4s는 전기 기계용 고정자의 예시적인 코어(400)의 부분 개략 단면도를 도시한다. 예시적인 코어(400)는 전기 기계(102)의 고정자(108)의 코어일 수 있다. 예시적인 코어(400)는 전기 기계의 몇몇 실시예에 따라서 다른 형상을 갖는 슬롯(404)을 포함한다. 슬롯(404)이 짝수의 코일(414)을 포함하여 도시되었지만, 홀수의 코일(414)이 사용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 슬롯 형상이 다른 형태의 권선에서 사용될 수 있지만, 슬롯(404)의 형상은 랩 권선 구성에서의 코일과 동심 권선 구성에서의 코일을 포함하는 권선을 보유할 수 있다.

[0151] 도 4r에서 도시된 바와 같이, 각각의 슬롯(404)은 코일(414)을 유지하는 제1 슬롯 영역(421)과 코일(414)을 유지하는 제2 슬롯 영역(419)을 포함한다. 제1 슬롯 영역(421)은 2개의 비평행 대향 슬롯 측면부(415c 및 415d)들에 의해 형성된다. 제2 슬롯 영역(419)은 2개의 평행 대향 슬롯 측면부(415a 및 415b)들에 의해 형성된다. 슬롯 측면부(415a 및 415c)들은 슬롯의 일 측면의 일부분을 형성한다. 슬롯 측면부(415b 및 415d)들은 슬롯의 다른 측면의 일부분을 형성한다. 슬롯 측면부(415a 및 415c)들은 도면부호 417a에서 제1 각도를 형성하고, 슬롯 측면부(415b 및 415d)는 417b에서 제2 각도를 형성한다. 도 4r에서 도시된 바와 같이, 제1 각도 및 제2 각도는 상이한 각도이다. 예를 들어, 도면부호 417a에서 제1 각도는 180도보다 작은 둔각이고, 도면부호 417b에서 제2 각도는 180도이다. 또한, 다른 각도들이 사용될 수 있다.

[0152] 도 4t는 슬롯(404)이 홀수의 코일(414)을 포함하는 전기 기계용 고정자의 예시적인 코어(400)의 부분 개략 단면도를 도시한다. 도시된 예에서, 코일(414)은 코일(414A, 414B 및 414C)을 포함한다. 코일(414A 및 414B)들이 짝수의 코일을 포함하는 것으로 도시되어 있지만, 코일(414A 및 414B)들은 홀수의 코일을 포함할 수 있다. 또한, 코일(414A)은 랩 코일의 좌측 코일 측면일 수 있고, 코일(414B)은 랩 권선의 우측 코일 측면일 수 있다. 코일(414C)은 동심 권선의 코일이다. 따라서, 각각의 슬롯(404) 내에 코일(414C)을 포함함으로써, 각각의 슬롯(404) 내에 포함된 전체 코일(414)의 개수는 홀수로 이루어진다. 각각의 슬롯 내에 홀수의 코일을 구비함으로써, 관련된 전기 기계의 전압은 더 작은 증가 레벨에서 변화될 수 있고, 전기 기계 출력의 더 양호한 제어를 제공한다.

[0153] 도 4u는 다른 코어(400)를 도시하고, 여기서 코일(414)들은 슬롯(404) 내에 코일(414)의 더 양호한 안착 또는 패킹(packaging)을 제공하도록 상이한 크기일 수 있다. 코일(414A) 및 코일(414B)은 하나의 크기의 와이어 또는 케이블일 수 있는 반면에, 코일(414C)은 더 작은 크기와 같이 상이한 크기일 수 있다. 상이한 크기의 코일들은 더 근접하게 패킹된 슬롯(404)을 위해 제공한다. 추가로, 코일(414A, 414B 또는 414C)들 중 임의의 코일이 단일의 선회 권선 공정에 의해 생성될 수 있지만, 다수의 케이블이 평행하게 감길 수 있다. 또한, 대체로 삼각형 또는 사다리꼴 단면 웨지(1000)는 패킹된 상태에서 코일(414A 및/또는 414B)을 유지하도록 하나 이상의 슬롯(404) 내에 포함될 수 있다. 전기 기계의 시간 및 작업에 있어서, 코일은 슬롯 내에서 느슨해질 수 있고, 이는 기계 성능에 악영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 만약 코일들이 슬롯 내부에서 느슨해지게 되면, 코일들은 슬롯 내에서 기울어지거나(sag) 그리고/또는 변위될 수 있다. 결과적으로, 코일들은 진동 및/또는 마찰(chafing)로 인하여 손상 받을 수 있다. 이에 따라, 웨지(1000)들은 패킹된 조건에서 코일(414A 및/또는 414B)을 유지하도록 슬롯 내에 포함된다. 몇몇 실시예에 따르면, 웨지(1000)들은 패킹된 상태에서 코일을 유지하도록 코일 상에 편향력을 적용할 수 있다. 예를 들어, 웨지(1000)는 도 4v에서 도시된 바와 같이 중방향 만족부를 가질 수 있다. 몇몇 실시예에서, 웨지(1000)는 웨지(1000)가 슬롯 내에 삽입될 때 응력을 받게 되고, 응력은 슬롯 내의 코일 상에 가해지는 편향력을 초래한다. 웨지(1000)에 의해 가해진 편향력은 실질적으로 고정된 위치에서 코일을 유지할 수 있고, 이는 코일 내의 느슨함(slack) 및/또는 기울어짐(sagging)을 제거하거나 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 슬롯 내의 웨지(1000)는 적소에 코일을 유지할 수 있고 느슨한, 기울어진 및/또는 변위된 코

일에 의해 초래될 수 있는 손상을 방지할 수 있다.

- [0154] 도 4v에서, 예시적인 웨지(1000)는 C-단면을 갖는 것으로 예시되어 있다. 웨지(1000)는 C-단면의 개방부가 코어(400)의 반경방향 중심에 면하는 상태인 도 4u 및 도 4z에 도시된 바와 같이 슬롯(404) 내에 위치설정될 수 있다. 대안적으로, 웨지(1000)는 C-단면의 개방부가 코어(400)의 반경방향 중심으로부터 멀리 면하도록 슬롯(404) 내로 삽입될 수 있다. 웨지는 다른 형상을 가질 수 있다. 평면형 스트립(1002)이 또한 사용될 수 있다.
- [0155] 몇몇 실시예에서, 예를 들어 웨지(1000)의 개방 단부가 코어(400)의 중심에 면하는 상태인 도 4u 및 도 4z에 도시된 바와 같이 웨지(1000)가 위치설정될 때, 기계의 냉각 특성이 향상될 수 있다. 회전자와 회전자를 둘러싸는 유체(예를 들어, 회전자와 고정자 사이의 기계 간극 내의 유체) 사이의 마찰은 열을 발생시킬 수 있다. 과열을 방지하기 위해서, 냉각 유체(예를 들어, 공기 또는 다른 형태의 유체)는 회전자와 고정자 사이의 기계 간극을 통해 배향될 수 있다. 도 4u 및 도 4z에 예시된 바와 같이, 웨지(1000)는 기계 간극의 용적을 효과적으로 증가시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 웨지(1000)는 코어(400)의 중심으로 개방되고, 평면형 스트립(1002)은 기계 간극의 용적의 증가를 효과적으로 초래한다. 기계 간극의 증가된 용적은 기계의 냉각 시스템 상의 필요사항을 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 증가된 용적은 기계 간극을 따라 압력 저하를 감소시킬 수 있고, 이에 따라 기계 간극을 통해 냉각 유체의 유동을 발생시키는 송풍기 또는 펌프 상에 있는 필요사항을 감소시킬 수 있다.
- [0156] 도 4aa 내지 도 4dd는 전기 기계의 고정자(400) 내의 웨지(1000) 및 코일(414)의 다른 예시적인 구성들을 도시한다. 도 4aa는 랩 권선 구성에서의 제1 복수의 코일(414A)과 동심 권선 구성에서의 제2 복수의 코일(414B)을 포함하는 고정자(400)를 도시한다. [랩 권선 구성의 코일(414A)은 도 4aa 내지 도 4dd에서 명암을 주지 않고 (unshaded), 동심 권선 구성의 코일(414B)은 도 4aa 내지 도 4dd에서 명암을 준다(shaded).] 도 4aa의 슬롯(404)은 동일한 형상을 각각 갖고 동일한 개수의 전도체를 보유한다. 도 4aa에서, 각각의 슬롯은 하나의 권회부를 갖는 동심 코일(414B)을 보유하고, 각각의 슬롯은 웨지(1000)를 보유한다. 도 4aa에 도시된 동심 코일(414B)은 2극 3위상 전기 기계의 "1-1-1" 동심 코일 구성으로 배선될 수 있다. 또한, "1-1-1" 동심 코일 구성은 도 4w와 관련하여 더 기술되어 있다.
- [0157] 도 4bb는 랩 권선 구성에서의 제1 복수의 코일(414A)과 동심 권선 구성에서의 제2 복수의 코일(414B)을 포함하는 고정자(400)를 도시한다. 도 4bb의 고정자(400)는 상이한 형상을 갖는 슬롯들을 포함한다. 예를 들어, 슬롯(404C 및 404D)은 동일한 형상을 갖고 각각은 10개의 전도체들을 보유하지만, 슬롯(404E)은 슬롯(404C 및 404D)들과 상이한 형상을 갖고 9개의 전도체들을 보유한다. 도 4bb에서, 슬롯(404C 및 404D)들은 2개의 권회부들을 갖는 동심 코일(414B)을 각각 보유하는 반면에, 슬롯(404E)은 하나의 권회부를 갖는 동심 코일(414B)을 보유한다. 또한, 도 4bb에서, 각각의 슬롯은 웨지(1000)를 포함한다. 도 4aa에서 도시된 동심 코일(414B)은 2극 3위상 전기 기계의 "2-2-1" 동심 코일 구성으로 배선될 수 있다.
- [0158] 도 4cc는 랩 권선 구성에서의 제1 복수의 코일(414A)과 동심 권선 구성에서의 제2 복수의 코일(414B)을 포함하는 고정자(400)를 도시한다. 도 4cc의 고정자(400)는 상이한 형상을 갖는 슬롯들을 포함한다. 예를 들어, 슬롯(404C 및 404E)은 동일한 형상을 갖고 각각은 9개의 전도체들을 보유하지만, 슬롯(404D)은 슬롯(404C 및 404E)들과 상이한 형상을 갖고 10개의 전도체들을 보유한다. 도 4cc에서, 슬롯(404C 및 404E)들은 1개의 권회부들을 갖는 동심 코일(414B)을 각각 보유하는 반면에, 슬롯(404D)은 2개의 권회부들을 갖는 동심 코일(414B)을 보유한다. 또한, 도 4cc에서, 각각의 슬롯은 웨지(1000)를 포함한다. 도 4cc에서 도시된 동심 코일(414B)은 2극 3위상 전기 기계의 "2-1-2 / 1-2-1" 동심 코일 구성으로 배선될 수 있다.
- [0159] 도 4dd는 랩 권선 구성의 제1 복수의 코일(414A)과 동심 권선 구성의 제2 복수의 코일(414B)을 포함하는 고정자(400)를 도시한다. 도 4dd의 고정자(400)는 모두 동일한 형상을 갖는 슬롯들을 포함하지만, 동일한 개수의 전도체들을 모두 보유하지는 않는다. 예를 들어, 슬롯(404C 및 404D)은 각각 10개의 전도체들을 보유하지만, 슬롯(404E)은 9개의 전도체들을 보유한다. 도 4dd에서, 슬롯(404C 및 404D)들은 2개의 권회부들을 갖는 동심 코일(414B)을 각각 보유하는 반면에, 슬롯(404E)은 1개의 권회부들을 갖는 동심 코일(414B)을 보유한다. 또한, 도 4dd에서, 각각의 슬롯은 제1 웨지(1000A) 또는 제2 웨지(1000B)를 포함한다. 슬롯(414C 및 414D) 내의 제1 웨지(1000A)는 슬롯(414C 및 414D) 내의 전도체를 위한 더 많은 공간을 남기도록 더 작다. 슬롯(414E) 내의 제2 웨지(1000B)는 더 커서 슬롯(414E) 내의 전도체를 위해 작은 공간이 남는다. 도 4dd에서 도시된 동심 코일(414B)은 2극 3위상 전기 기계의 "2-2-1" 동심 코일 구성으로 배선될 수 있다.
- [0160] 도 4jj는 전기 기계를 위한 예시적인 코어(400)의 개략적인 단면도이다. 코어(400)는 다수의 슬롯들을 형성하고, 각각의 슬롯은 전도성 코일(414)과 웨지를 보유한다. 두 개의 다른 형태들의 웨지들은 도 4jj에서 도시되

어 있다. 제1 형태의 웨지(1004)는 C 형상 단면 프로파일을 갖는다. 도 4mm은 예시적인 웨지(1004)의 사시도를 도시한다. 제2 형태의 웨지(1006)는 E 형상 단면 프로파일을 갖는다. 도 411은 예시적인 웨지(1006)의 사시도를 도시한다. 웨지(1004 및 1006)들 양쪽 모두는 슬롯의 제1 영역에서 슬롯의 제2 영역까지 반경방향으로 유체가 유동하게 하는 구멍(1008)을 형성한다. 예를 들어, C 형상 웨지(1004)를 보유하는 슬롯 내에서, 웨지(1004)는 슬롯 내에서 제1 영역(1005)을 형성하고, 코일(414)은 슬롯 내의 제2 영역 내에 위치한다. 제1 영역(1005)은 슬롯을 통한 냉각 유체의 축방향 유동을 허용한다. 웨지(1004) 내에 형성된 구멍(1008)은 코일(414)을 냉각시키기 위해서 제1 영역(1005)에서 제2 영역까지 유체가 유동하도록 허용한다. 또한, 구멍(1008)은 예를 들어 유체가 코일(414)과 접촉한 후에, 제2 영역으로부터 제1 영역(1005) 내로 유체가 유동하도록 허용한다. 다른 예로서, E 형상 웨지(1006)를 보유하는 슬롯 내에서, 웨지(1006)는 슬롯 내에서 제1 영역(1009)을 형성하고, 코일(414)은 슬롯 내에서 제2 영역 내에 위치한다. 제1 영역(1009)은 슬롯을 통해 냉각 유체의 축방향 유동을 허용한다. 웨지(1006) 내에 형성된 구멍(1007)은 코일(414)을 냉각하기 위해서 제1 영역(1009)으로부터 제2 영역까지 유체가 유동하도록 허용한다. 또한, 구멍(1007)은 예를 들어 유체가 코일(414)과 접촉한 후에 제2 영역으로부터 제1 영역(1005)까지 유체가 유동하도록 허용한다.

[0161] 도 411 및 도 4mm에서 도시된 바와 같이, 각각의 웨지는 웨지의 축방향 길이를 따라 다수의 구멍을 형성할 수 있다. 구멍은 규칙적인 간격, 임의(random)의 간격 또는 다른 방식으로 이격될 수 있다. 단일 웨지(1006 또는 1004)는 코일(414)로의 유체 유동을 제어하기 위해서 상이한 크기, 형상 또는 치수의 구멍을 형성할 수 있다. 예를 들어, 대형 구멍들은 대형 구멍들을 통해 더 큰 유동률을 도모하기 위해서 웨지(1006) 상의 몇몇 위치들 내에 형성될 수 있고, 소형 구멍들은 소형 구멍들을 통해 유동률을 제한하기 위해서 웨지(1006) 상의 다른 위치들 내에 형성될 수 있다. 웨지 내의 구멍들의 크기, 형상, 공간 및 다른 파라미터들은 전기 기계의 고정자에서의 냉각을 향상시키도록 구성되고, 이에 의해 전기 기계의 효율성을 향상시킨다. 따라서, 몇몇 경우에, 웨지는 고정자 내에서 유동 제어 장치로서 사용될 수 있다. 도 411 및 도 4mm에서, 단일 구멍은 웨지의 축방향 길이를 따라 각각의 다수의 위치들에서 형성된다. 몇몇의 실시예에서, 축방향 길이를 따라 각각의 위치에서 형성된 다수의 구멍들이 존재할 수 있다.

[0162] 웨지(1004 및 1006)는 도 4v에 도시된 웨지(1000)와 같이 종방향 만곡부를 가질 수 있다. 종방향 만곡부의 결과로서, 웨지(1004 및 1006)는 슬롯 내에서 코일(414)의 안정화를 돕는 코일(414) 상의 편향력을 가할 수 있다. 예를 들어, 웨지에 의해 가해진 편향력은 코일(414)의 기울어짐을 방지할 수 있다.

[0163] 도 4pp에서 볼 수 있는 바와 같이, 웨지는 제1 부품(1028) 및 제2 부품(1032)와 같이 시임(shim) 또는 시임의 스택(1030)에 의해 종방향으로 분리된 두 개 이상의 부재들로 형성될 수 있다. 슬롯 내에 설치되는 경우에, 제1 부재(1028)는 슬롯의 개방 단부에 인접하여 위치되고, 제2 부품(1032)는 코일에 인접하여 위치된다. 시임 또는 시임 스택(1030)의 상이한 두께는 코일 상의 제2 부품(1032)에 의해 가해진 힘을 제어하도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 제1 및 제2 부품(1028, 1032)들은 소정 슬롯과, 코일 상의 제2 부품(1032)에 의해 가해진 힘을 증가시키도록 추가된 동일하거나 그리고/또는 상이한 두께의 하나 이상의 시임(1032) 내로 설치될 수 있다. 특정한 예에서, 동일한 전기 기계의 상이한 슬롯은 코일 상에 가해진 동일한 힘을 달성하도록 상이한 시임을 필요로 할 수 있다. 제1 부품(1028) 또는 제2 부품(1032) 중 하나 이상은 코일의 절연 또는 코팅을 손상시키지 않으면서 원하는 힘을 달성하는 것을 촉진하도록 슬롯 내에 설치된 후에, 시임 또는 시임 스택(1030)이 설치될 수 있다. 대안적으로, 시임 또는 시임 스택(1030)은 제1 및 제2 부품(1028, 1032)들을 설치하는 것과 실질적으로 동시에 설치될 수 있다. 따라서, 시임(1032)은 웨지 삽입 동안 케이블을 손상시키지 않으면서 웨지, 코일 및 슬롯 사이에서 조정가능한 기밀 끼워맞춤을 허용한다. 고체로서 도시되었지만, 제1 및/또는 제2 부품(1028, 1032)들은 위에서 기술한 바와 같이 유체 유동을 위한 축방향 채널과 반경방향 유동을 위한 구멍을 제공하는 C 형상 단면 또는 다른 단면을 각각 가질 수 있다.

[0164] 도 4kk는 전기 기계를 위한 예시적인 코어(400)의 개략적인 단면도이다. 도 4kk의 코어(400)는 다수의 슬롯을 형성하고, 각각의 슬롯은 코일(414) 및 웨지(1010)를 보유한다. C 형상 웨지(1010)는 슬롯의 영역들 사이에서 유체가 반경방향으로 유동하도록 허용하는 구멍(1012)을 각각 형성한다.

[0165] 도 4nn은 위에서 기술된 임의의 구성 및/또는 유지 링(1016)들을 이용하여 유지된 다른 구성과 유사한 웨지(1014)들을 갖는 예시적인 코어(400)의 개략적인 단면도이다. 웨지 유지 링(1016)은 고정자 코어(400) 내의 중앙 개구를 둘러싸고 코어(400)의 단부 면에 (예를 들어, 볼트, 나사 및/또는 다른 것들에 의해) 고정된다. 유지 링(1016)은 웨지(1014)를 포획하도록 고정자 코어(400)의 양쪽 단부들에서 제공될 수 있고 웨지(1014)들이 고정자 코어(400)를 따라 축방향으로 이동하는 것을 방지한다. 유지 링(1016)들은 각각의 웨지(1014)의 단부들에서 돌출부(1020)를 수용하고 맞물리는 슬롯들을 갖고, 웨지(1014)들이 반경방향으로 이동하는 것을 방지한다.

유지 링(1016)은 고정자 슬롯의 상단에 대하여 웨지(1014)들을 또한 가압한다. 예를 들어, 웨지들이 다수의 부품들 내에 형성되고 그리고/또는 하나 이상의 시임들을 포함하는 도 4pp와 같이, 유지 링(1016)은 다수의 웨지 부품들 및 시임들을 또한 유지할 수 있다. 도 4oo는 돌출부(1020)를 더 잘 예시하고 또한 구멍(1026)을 갖는 예시적인 C 형상 웨지(1014)의 사시도이다. C 형상은 웨지(1014)를 통한 축방향 통로(1024)를 형성한다. 도 4nn에서 볼 수 있는 바와 같이, 유지 링(1016)은 유지 링(1016)을 통해 유체의 유동을 허용하도록 축방향 통로(1024)와 정렬하는 개구(1022)를 가질 수 있다.

[0166] 도 4qq는 전기 기계의 고정자 코어(400) 내의 고정자 슬롯의 내부를 라이닝(lining)하기 위하여 슬롯 라이너(1034)를 도시한다. 슬롯 라이너(1034)는 폴리에스테르, 폴리이미드 및/또는 다른 재료와 같이 가요성, 인열(tear) 및 온도 저항성 필름으로 이루어진다. 도 4qq는 편평하게 놓인 라이너(1034)를 도시한다. 도 4rr에서와 같이 슬롯 내에 설치될 때, 라이너(1034)는 고정자 코어(400)의 양쪽 단부들에서 슬롯으로부터 연장하고, 고정자 코어(400)의 단부 면들 상으로 절첩될 수 있다. 라이너(1034)의 돌출 단부들은 적소에서 라이너(1034)를 유지하도록 (도 mn에서와 같은) 유지 링 및/또는 다른 클램프들을 갖는 고정자 코어(400)의 단부 면들에 클램핑된다. 도 4rr은 고정자 코어(400)의 단부에 두 개의 인접한 라이너들의 일부분을 클램핑하는 체결구(1038)[예를 들어, 볼드(bold), 나사 및/또는 다른 체결구]와 함께 단부 면에 유지된 단일 바아 클램프(1036a)를 도시한다. 도 4ss는 체결구(1038)를 갖는 단부 면에 유지되는 바와 같은 U 형상 클램프(1036b)를 도시한다. 클램프들은 다른 방식으로 고정자 코어(400)에 유지될 수 있다. 슬롯 라이너(1038)들은 케이블 및 권선 동안 케이블 상의 절연을 보호하도록 슬롯 내로 코일을 권선하기 전에 설치된다. 특정한 예에서, 라이너(1034)는 슬롯으로부터 제거될 수 있다. 특정한 예에서, 라이너(1034)는 전기 기계의 잔부(remainder)가 조립되는 동안 슬롯 내에서 유지될 수 있고, 전기 기계의 작동 동안 슬롯 내에서 유지된다. 슬롯 라이너(1034)가 고정자 코어(400)의 단부 면에 대하여 유지되기 때문에, 라이너들은 권선 및 기계의 차후의 작동 동안 이동을 저항하고, 고정자 코어에 대하여 케이블을 러빙(rubbing)하는 것을 방지한다. 라이너(1034)가 제거될 수 있는 예에서, (도 4pp에서와 같은) 다부품 웨지 및 시임(들)은 시임이 설치되지 않은 상태로 코일이 슬롯 내에 느슨하도록 사용될 수 있고, 라이너(1034)는 슬롯으로부터 더 쉽게 철수될 수 있다. 이후에, 시임은 슬롯 내에 코일을 고정하도록 설치될 것이다.

[0167] 도 4w는 몇몇 실시예에 따라 개략적인 권선을 도시한다. 도 4w에서 도시된 권선 개략도는 단일 고정자에서 동심 코일 및 랩 코일 양쪽 모두를 이용한다. 개략도는 2극 3위상 전기 기계의 권선을 예시한다. 문자 그룹(A, A', a 및 a')은 제1 위상 권선을 나타낸다. 문자 그룹(B, B', b 및 b')은 제2 위상 권선을 나타낸다. 문자 그룹(C, C', c 및 c')은 제3 위상 권선을 나타낸다. A 및 A'에 의해 나타낸 제3 코일은 제1 위상 권선의 래핑된(lapped) 부분이다. 제3 코일(a 및 a')은 제1 위상 권선의 동심 부분을 나타낸다. 실선 및 점선은 제1 위상 권선을 위해 단부 선회 연결부를 나타낸다. 각각의 라인은 단일 또는 다수의 권회부를 나타낼 수 있다. 제2 및 제3 위상을 위한 단부 선회 연결부가 도시되지 않지만, 제1 상을 위한 동일한 연결 구성이 또한 제2 및 제3 위상을 위해 사용될 수 있다.

[0168] 도 4w는 "1-1-1" 동심 코일 구성의 예를 도시한다. 도시된 "1-1-1" 동심 코일 구성에서, 제1 위상 권선의 동심부의 각각의 제3 코일은 단일 권회부를 포함한다. 이와 같이, "1-1-1" 동심 코일 구성 내의 고정자의 각각의 슬롯은 동일한 개수의 권회부, 즉 각각 하나의 권회부를 보유한다. 도 4aa에서 도시된 동심 코일(414b)은 "1-1-1" 동심 코일 구성이다. 더욱 일반적으로, "n-n-n" 동심 코일 구성은 각각의 슬롯 내에 "n" 동심 코일 권회부를 보유한다. "n"의 예시적인 값은 1, 2, 3, ... 10과 더 높은 값들을 포함할 수 있다. 다른 형태의 동심 코일 구성이 또한 가능하다. 다른 예시적인 동심 코일 구성은 "2n-n-2n / n-2n-n" 동심 코일 구성(예를 들어, 도 4cc에서 도시된 "2-1-2 / 1-2-1" 동심 코일 구성 또는 다른 것), "2n-2n-n" 동심 코일 구성(예를 들어, 도 4dd에서 도시된 "2-2-1" 동심 코일 구성 또는 다른 것) 및/또는 나머지 구성들을 포함한다. "n"의 예시적인 값은 1, 2, 3, ... 10 및 더 높은 값들을 포함할 수 있다.

[0169] 두 개의 다른 예시적인 동심 코일 구성은 도 4x 및 도 4y에서 도시되어 있다. 도 4x는 "2-1-1" 동심 코일 구성의 예를 도시한다. 도시된 "2-1-1" 동심 코일 구성에서, 제1 위상 권선의 동심 부분의 최외부 코일은 두 개의 권회부를 포함하고, 제1 위상 권선의 동심 부분의 각각의 두 개의 내부 코일들은 단일 권회부를 포함한다. 이와 같이, "2-1-1" 동심 코일 구성 내의 고정자의 상이한 슬롯은 상이한 개수의 권회부를 보유한다. 특히, 제1 슬롯은 제1 위상 권선의 동심부의 두 개의 권회부들을 보유하고, 제2 및 제3 슬롯은 제1 위상 권선의 동심 부분의 하나의 권회부만을 각각 보유한다. 다른 형태의 "2n-n-n" 동심 코일 구성이 또한 사용될 수 있다. "n"의 예시적인 값은 1, 2, 3, ... 10 및 더 높은 값들을 포함할 수 있다.

[0170] 도 4y는 "2-1-0" 동심 코일 구성의 예를 도시한다. 도시된 "2-1-0" 동심 코일 구성에서, 동심 코일 구성은 각

각의 위상 권선을 위한 두 개의 동심 코일과 각각의 위상 권선을 위한 3개의 랩 코일들을 포함한다. 외부 동심 코일은 두 개의 권회부를 포함하고, 내부 동심 코일은 하나의 권회부를 포함한다. 이와 같이, "2-1-0" 동심 코일 구성 내의 고정자의 상이한 슬롯은 상이한 개수의 권회부를 보유한다. 특히, 제1 슬롯은 제1 위상 권선의 동심 부분의 두 개의 권회부를 보유하고, 제2 슬롯은 제1 위상 권선의 동심 부분의 하나의 권회부를 보유하고, 제3 슬롯은 동심 코일 권회부를 보유하지 않는다. 다른 형태의 "2n-n-0" 동심 코일 권선이 또한 사용될 수 있다. "n"의 예시적인 값은 1, 2, 3, ... 10 및 더 높은 값들을 포함할 수 있다.

[0171] 도 4tt, 도 4uu, 도 4vv, 도 4ww 및 도 4xx는 도 4w의 도면에서 나타낸 권선을 포함하는 전기 기계의 예시적인 고정자(4100)의 중실형(solid) 모델을 도시한다. 예시적인 고정자(4100)는 전기 기계(102)의 고정자(108)를 위해 사용될 수 있다. 도 4tt 및 도 4vv는 예시적인 고정자(4100)의 제1 단부의 사시도이다. 도 4uu는 고정자의 제1 단부로부터 도시된 예시적인 고정자(4100)의 단부도이다. 도 4ww는 예시적인 고정자(4100)의 제2 단부의 측면도이다. 도 4xx는 예시적인 고정자(4100)의 제2 단부의 사시도이다. 도 4tt, 도 4uu, 도 4vv, 도 4ww 및 도 4xx에서 도시된 바와 같이, 예시적인 고정자는 긴 고정자 코어(4102) 및 코어(4102)에 의해 보유된 3개의 전도성 권선을 포함한다. 제1 권선은 동심 권선 코일(4104a) 및 랩 권선 코일(4106a)을 포함한다. 제2 권선은 동심 권선 코일(4104b) 및 랩 권선 코일(4106b)을 포함한다. 제3 권선은 동심 권선 코일(4104c) 및 랩 권선 코일(4106c)을 포함한다. 랩 권선 코일을 위한 문자 라벨(A, A', B, B', C 및 C')과 동심 권선 코일을 위한 문자 라벨(a, a', b, b', c 및 c')은 도 4w와의 대응을 나타내도록 포함되었다. 코일의 단부 권회부가 도 4tt, 도 4uu, 도 4vv, 도 4ww 및 도 4xx에서 주로 보일 수 있는 반면에, 코일은 고정자 코어(4102) 내에서 단부 권회부들 사이에서 연장하는 축방향 부분들을 또한 포함한다. 도 4uu에서 도시된 바와 같이, 긴 코어(4102)는 전기 기계의 회전자를 내부로 수용하도록 구성된다.

[0172] 각각의 권선 내의 코일들이 직렬로 연결된다. 각각의 코일은 직렬로 또는 병렬로 연결된 다수의 권회부를 포함할 수 있다. 각각의 슬롯은 홀수의 권회부 또는 짝수의 권회부를 보유할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 고정자(4102) 내의 슬롯은 모두 동일한 개수의 권회부를 보유하지 않는다. 몇몇 실시예에서, 권선 내의 동심 권선 코일은 제1 개수의 권회부를 모두 갖고, 동일한 권선에서 랩 권선 코일은 제1 개수의 권회부와 동일하지 않은 제2 개수의 권회부를 모두 갖는다. 하나 이상의 코일을 설치하는 것은 코어(4102)의 권선 구조 외측을 형성하는 것과 코어(4102) 내의 형성된 권선 구조를 설치하는 것을 포함할 수 있다. 하나 이상의 코일들을 설치하는 것은 코어(4102) 내에 각각의 개별 코일들을 연속적으로 형성하는 것을 포함할 수 있다.

[0173] 코어(4102)는 도 4tt 및 도 4vv에서 도시된 제1 단부면(4108a)을 포함한다. 코어(4102)는 도 4ww 및 도 4xx에서 도시된 제2 대향 단부면(4108b)을 포함한다. 코일(4104a, 4104b, 4104c, 4106a, 4106b 및 4108c)들 각각은 긴 코어(4102)를 통해 축방향으로 연장하는 루프를 형성하고, 출구 위치에서 단부면(4108a)을 통해 코어(4102)를 빠져나가고, 재진입 위치에서 단부면(4108a)을 통해 코어를 재진입한다. 각각의 코일은 출구 위치 및 재진입 위치 사이에서 단부면 상의 소정 거리를 점유(span)한다.

[0174] 제1 권선 각각의 랩 권선 코일(4106a)은 제1 권선 내의 다른 랩 권선 코일(4106a) 각각에 의해 점유된 거리와 실질적으로 동일한 거리를 점유하는 반면에, 제1 권선 각각의 동심 권선 코일(4104a)은 제1 권선 내의 임의의 다른 동심 권선 코일(4104a)에 의해 점유된 거리와 동일하지 않은 거리를 점유한다. 유사하게, 제2 권선 각각의 랩 권선 코일(4106b)은 제2 권선 내의 다른 랩 권선 코일(4104b) 각각에 의해 점유된 거리와 실질적으로 동일한 거리를 점유하고, 제2 권선 각각의 동심 권선 코일(4104b)은 제2 권선 내의 임의의 다른 동심 권선 코일(4104b)에 의해 점유된 거리와 동일하지 않은 거리를 점유하고, 제3 권선 각각의 랩 권선 코일(4106c)은 제3 권선 내의 다른 랩 권선 코일(4106c) 각각에 의해 점유된 거리와 실질적으로 동일한 거리를 점유하고, 제3 권선 각각의 동심 권선 코일(4104c)은 제3 권선 내의 임의의 다른 동심 권선 코일(4104c)에 의해 점유된 거리와 동일하지 않은 거리를 점유한다.

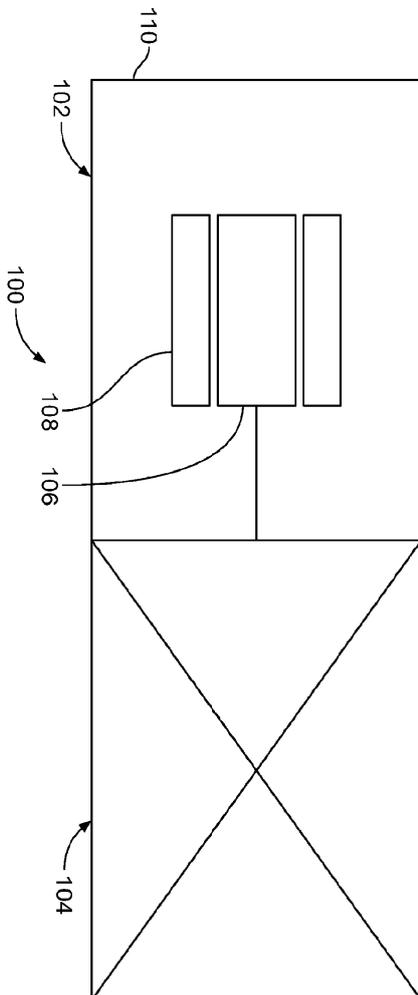
[0175] 각각의 코일이 점유한 단부 면 상의 거리는 코일의 출구 위치와 코일의 재진입 위치 사이에서 단부면 상의 소정 각도 거리일 수 있다. 예를 들어, 코어의 단부면이 원주방향을 형성하는 경우에, 코일에 의해 점유된 단부 면 상의 거리는 원주방향의 중심 지점에 대하여 코일의 출구 위치와 코일의 재진입 위치 사이에서 소정 각도를 형성할 수 있다. 예에서, 각각의 코일은 출구 위치와 재진입 위치 사이에서 주연 상의 중간 지점을 형성한다. 동심 권선 코일(4104a, 4104b 및 4104c)을 위하여, 각각의 코일의 중간 지점은 동일한 권선에서 각각의 다른 동심 권선 코일의 중간 지점과 원주 상의 실질적으로 동일한 각도에 있다. 랩 권선 코일(4106a, 4106b 및 4106c)들을 위해, 각각의 코일의 중간 지점은 동일한 권선에서 임의의 다른 랩 권선 코일의 중간 지점보다 원주 상의 상이한 각도에 있다.

[0176] 코어(4102)는 코어(4102)의 축방향 중심을 향하여 반경방향으로 연장하는 치형부를 포함한다. 치형부는 치형부들 사이에서 반경방향 슬롯을 형성하고, 코일은 슬롯 내에 보유된다. 따라서, 코어는 권선을 보유하도록 슬롯의 어레이를 형성한다. 각각의 코일은 한 쌍의 비인접한 슬롯들 내에서 위치하고, 이에 따라 각각의 코일은 코일이 위치하는 비인접한 슬롯들 사이에서 다수의 슬롯들을 점유한다. 제1 권선 내의 각각의 랩 권선 코일(4106a)들은 제1 권선들 내의 다른 랩 권선 코일(4106a) 각각에 의해 점유된 개수의 슬롯들과 동일한 다수의 슬롯들을 점유하는 반면에, 제1 권선 내의 동심 권선 코일(4104a)은 제1 권선 내의 임의의 다른 동심 권선 코일(4104a)에 의해 점유된 개수의 슬롯들과 동일하지 않은 다수의 슬롯들을 점유한다. 예를 들어, 각각의 랩 권선 코일(4106a)은 8개의 슬롯들을 점유하는 반면에, 3개의 동심 권선 코일(4104a)은 각각 6개, 8개 및 10개의 슬롯들을 점유한다. 유사하게, 제2 권선 내의 각각의 랩 권선 코일(4106b)은 제2 권선 내의 다른 랩 권선 코일(4106b) 각각에 의해 점유된 개수의 슬롯과 동일한 다수의 슬롯들을 점유하고, 제2 권선 내의 각각의 동심 권선 코일(4104b)은 제2 권선 내의 임의의 다른 동심 권선 코일(4104b)에 의해 점유된 개수의 슬롯과 동일하지 않은 다수의 슬롯들을 점유하고, 제3 권선 내의 각각의 랩 권선 코일(4106c)은 제3 권선 내의 다른 랩 권선 코일(4106c) 각각에 의해 점유된 개수의 슬롯과 동일한 다수의 슬롯들을 점유하고, 제3 권선 내의 각각의 동심 권선 코일(4104c)은 제3 권선 내의 임의의 다른 동심 권선 코일(4104c)에 의해 점유된 개수의 슬롯과 동일하지 않은 다수의 슬롯들을 점유한다.

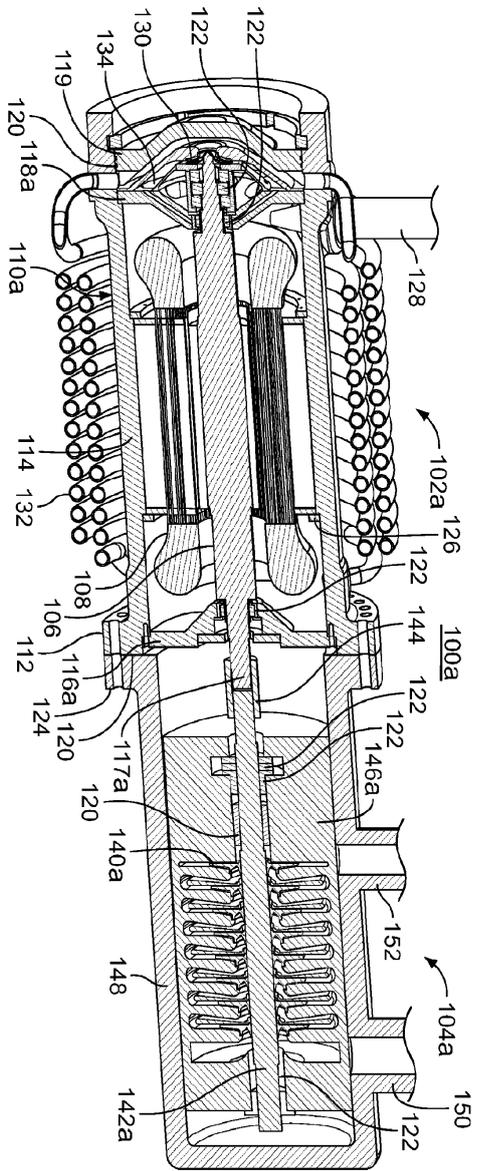
[0177] 다수의 실시예들이 기술되었다. 그럼에도 불구하고, 다양한 수정들이 이루어질 수 있다는 것을 이해할 것이다. 이에 따라, 다른 실시예들이 다음의 청구항들의 범위 내에 있다.

도면

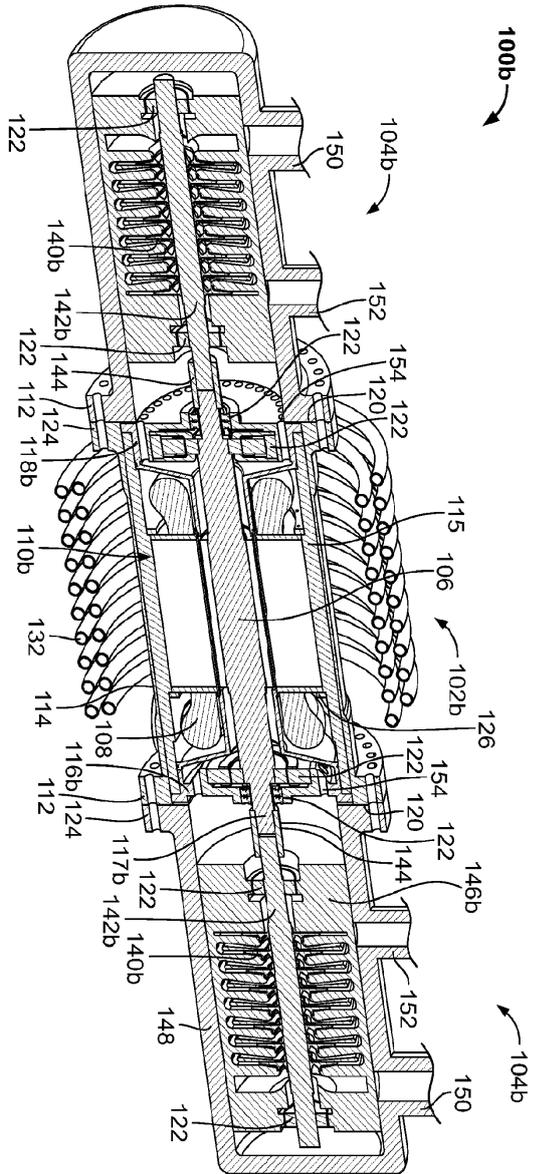
도면1a



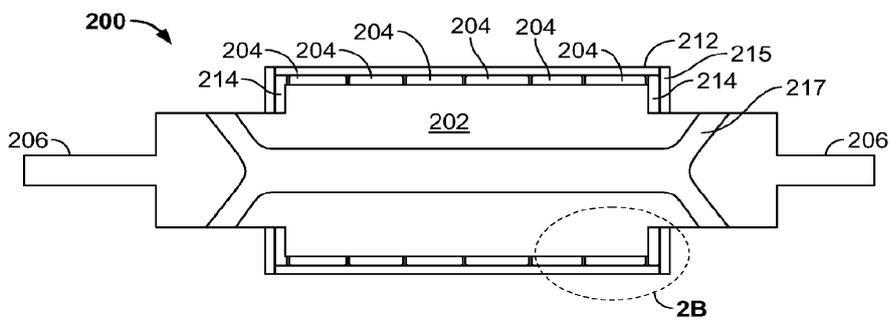
도면1b



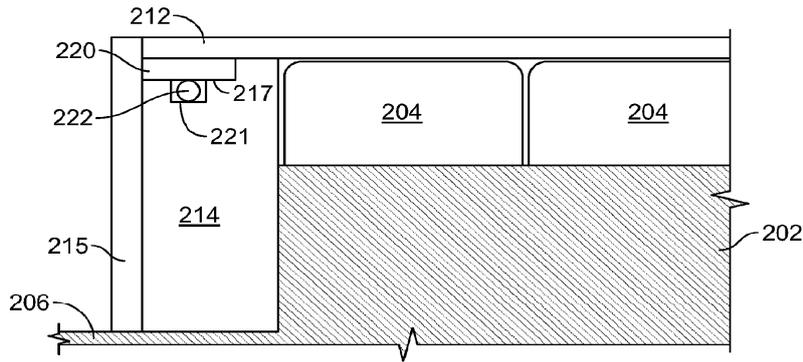
도면1c



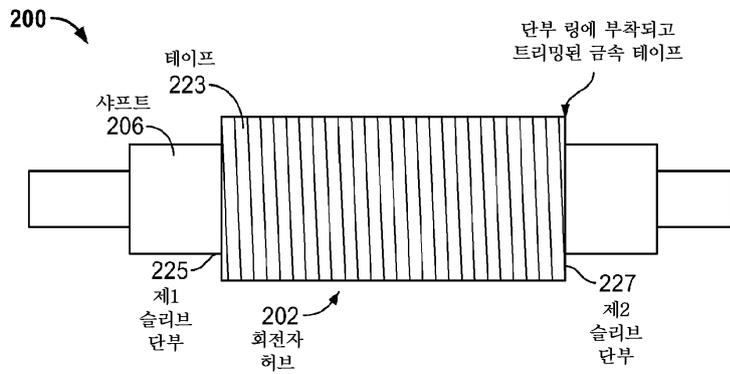
도면2a



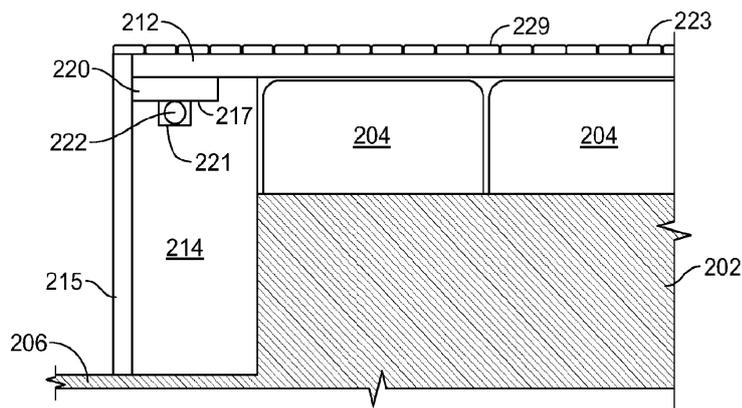
도면2b



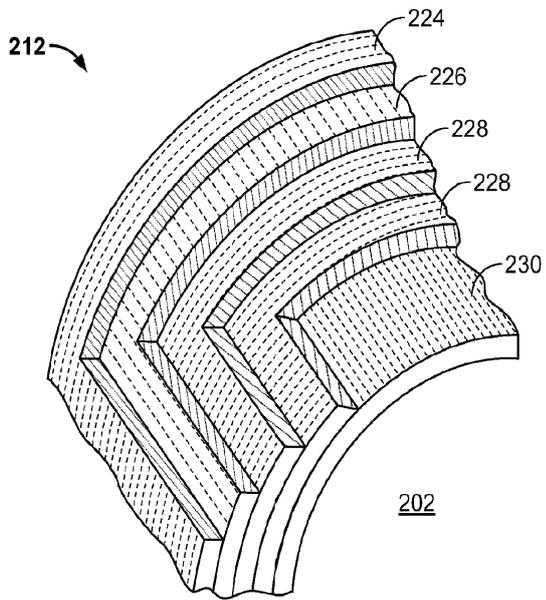
도면2c



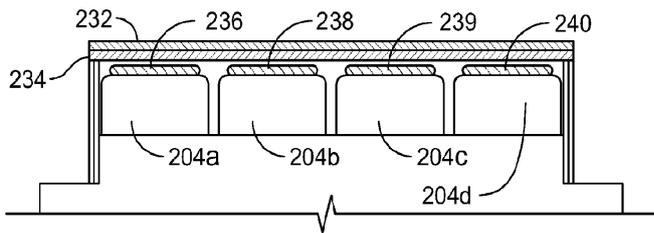
도면2d



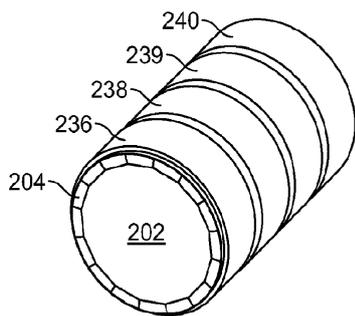
도면2e



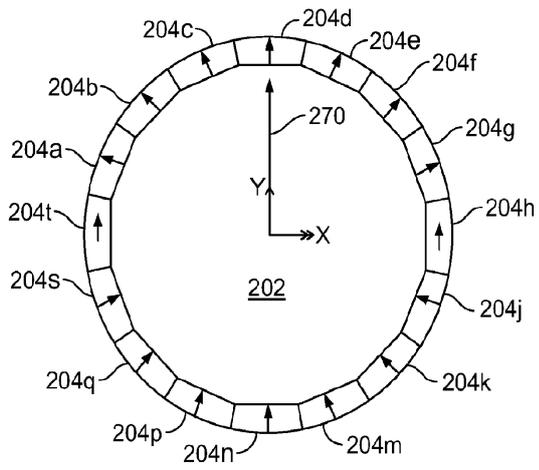
도면2f



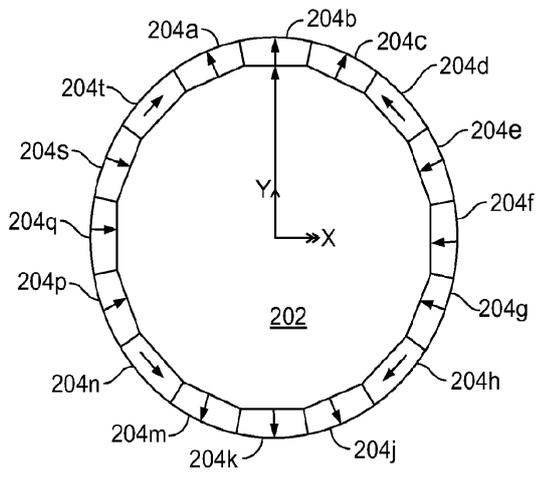
도면2g



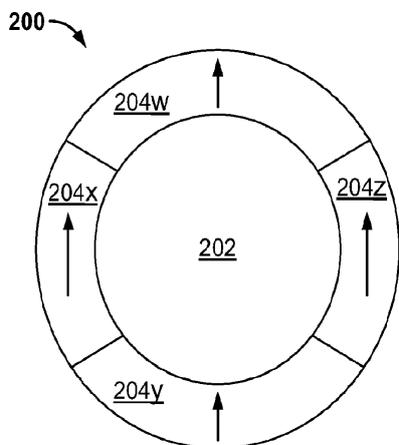
도면2h



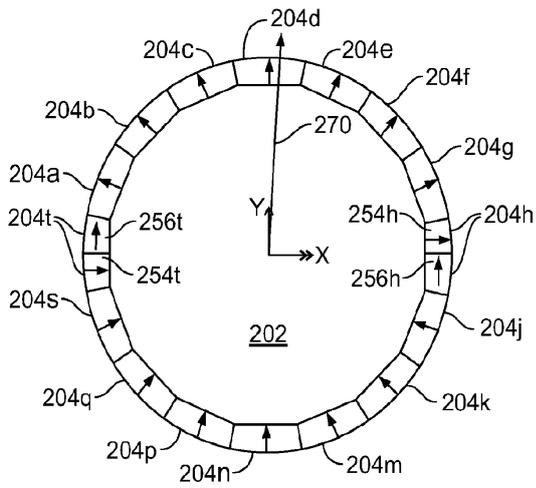
도면2i



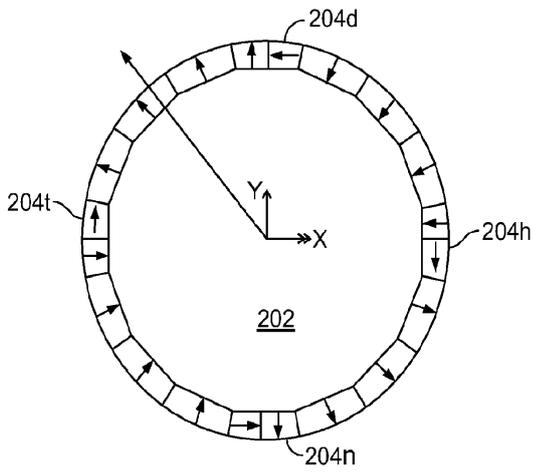
도면2j



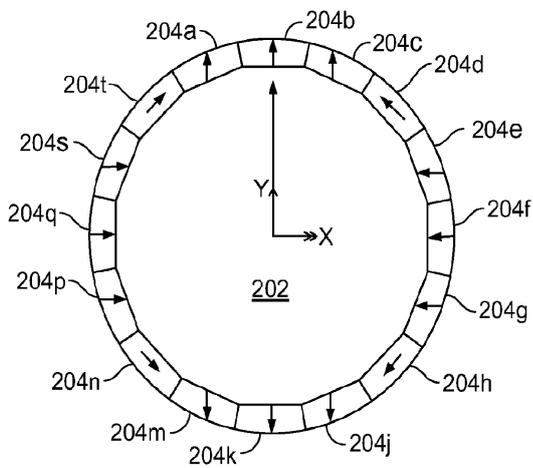
도면2k



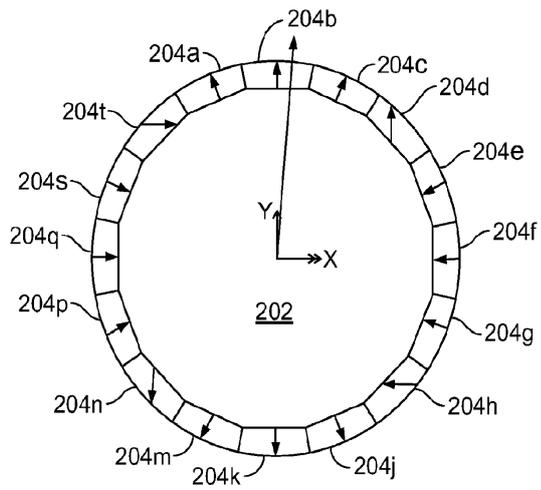
도면2l



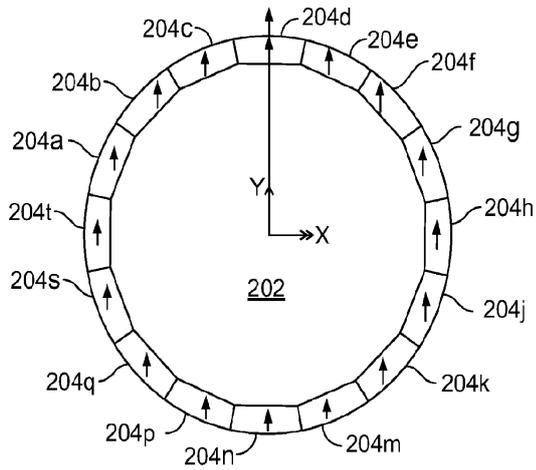
도면2m



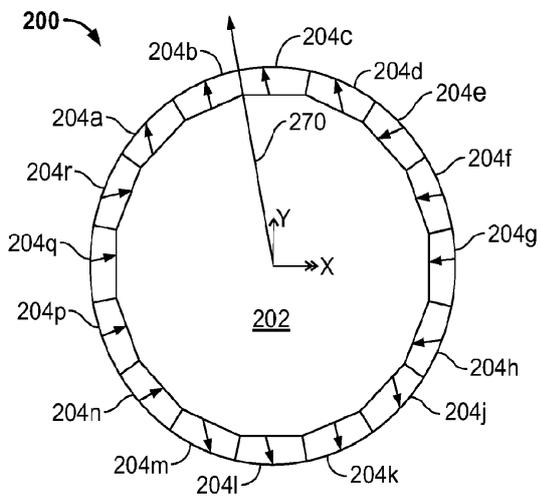
도면2n



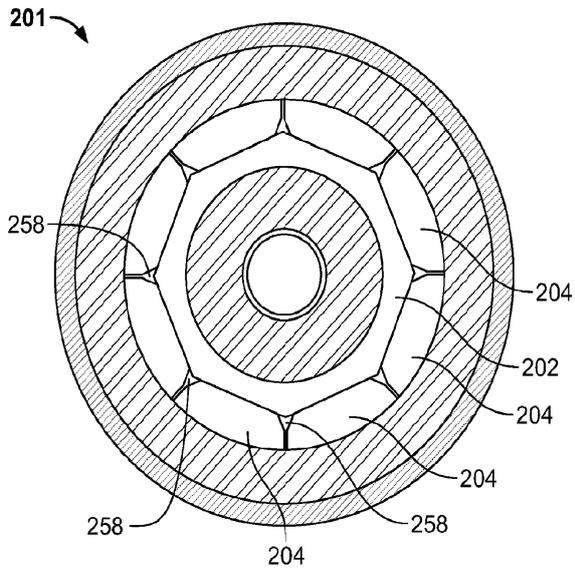
도면2o



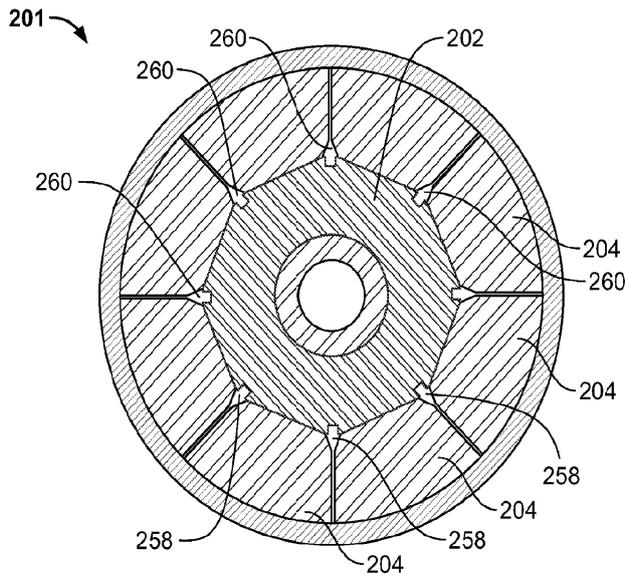
도면2p



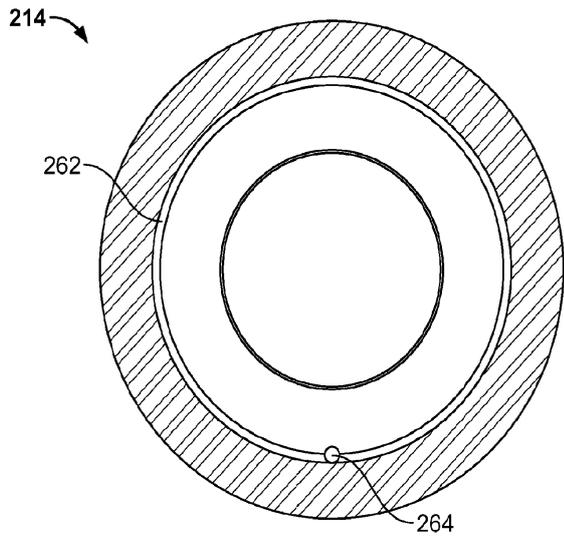
도면2q



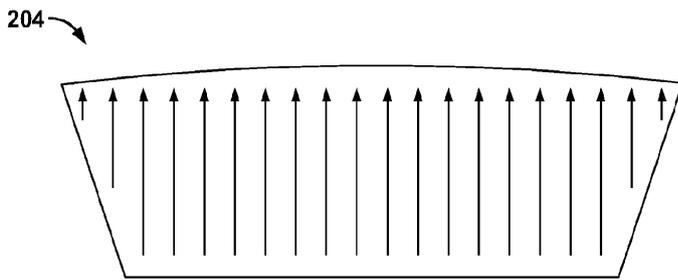
도면2r



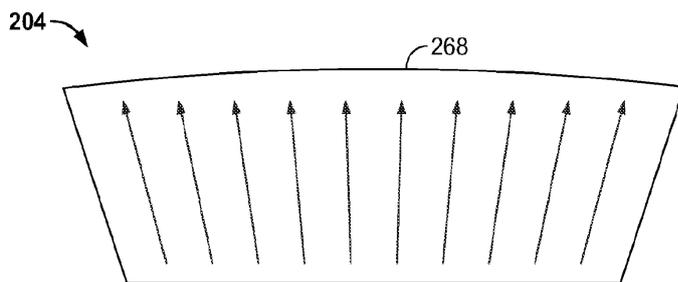
도면2s



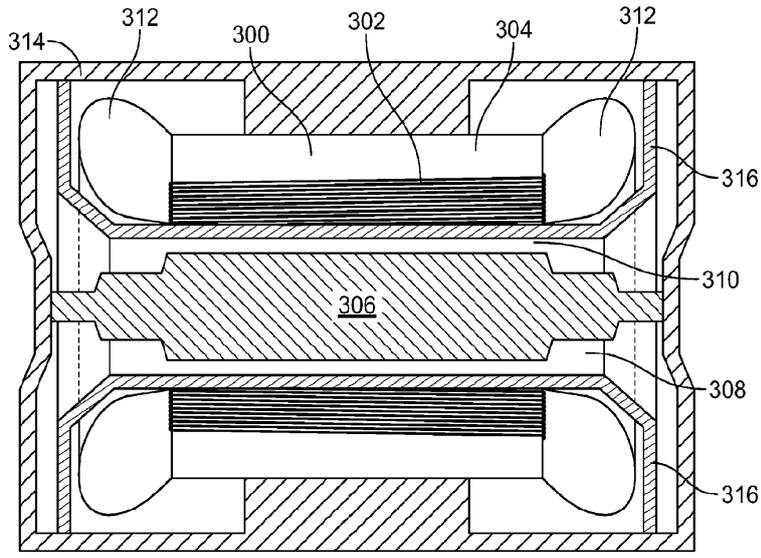
도면2t



도면2u

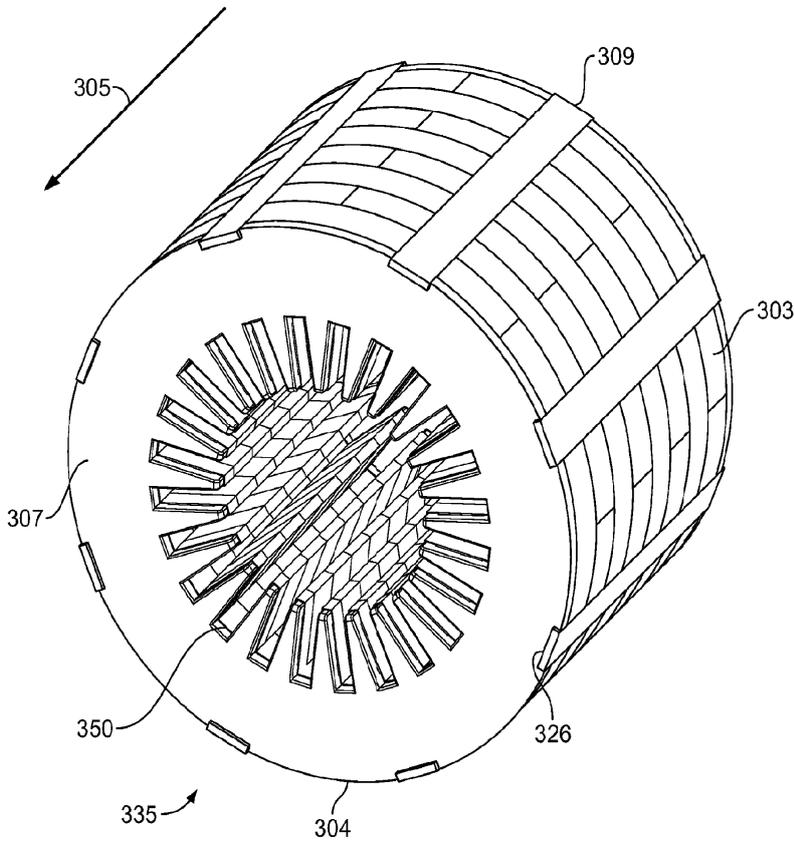


도면3a

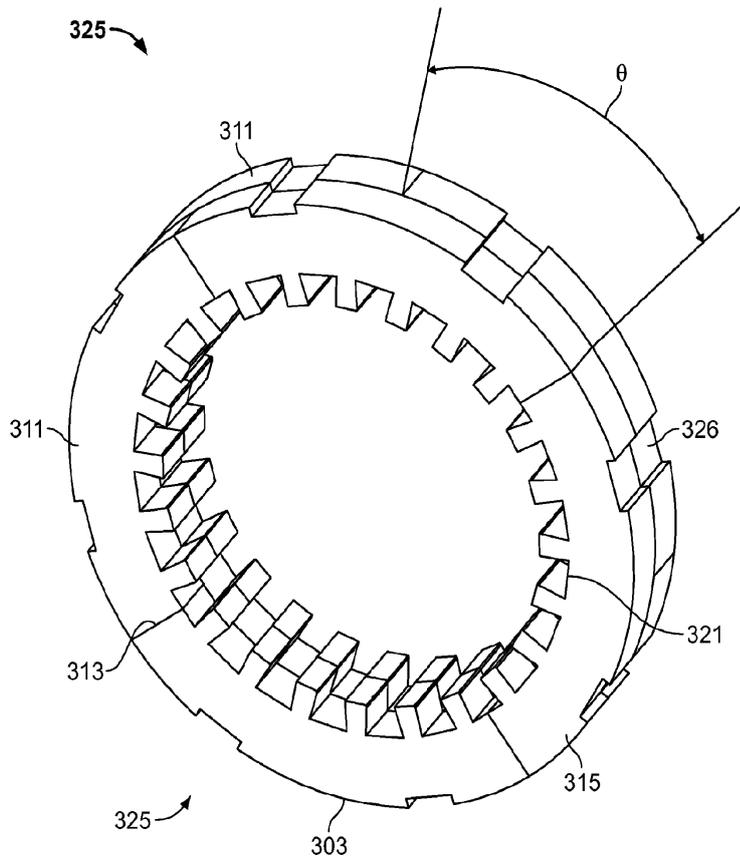


319 ↗

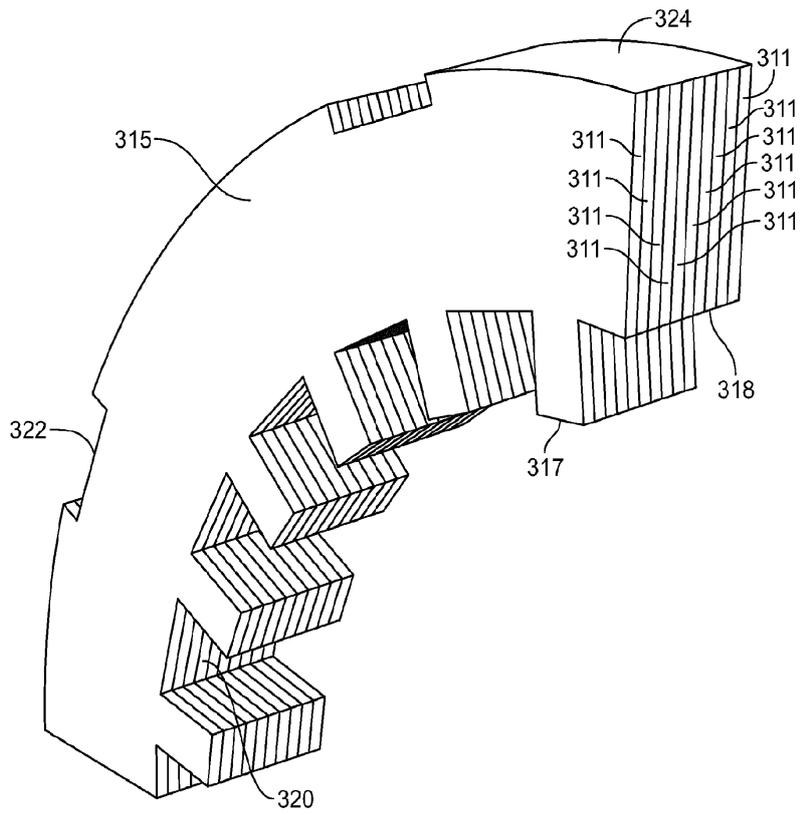
도면3b



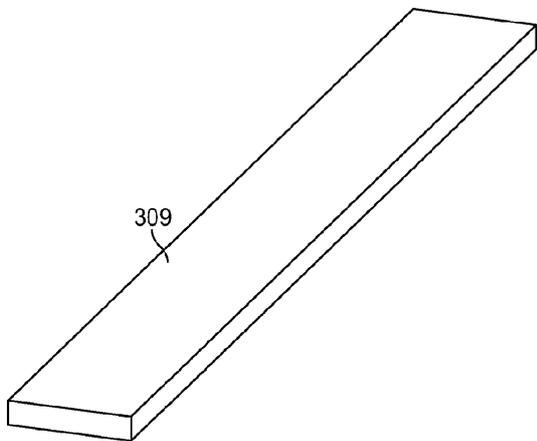
도면3c



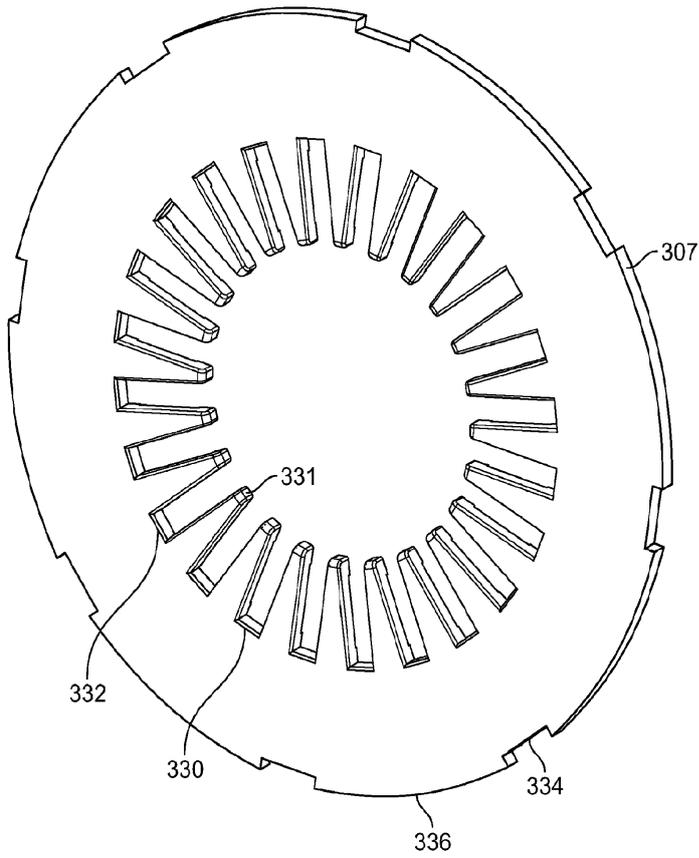
도면3d



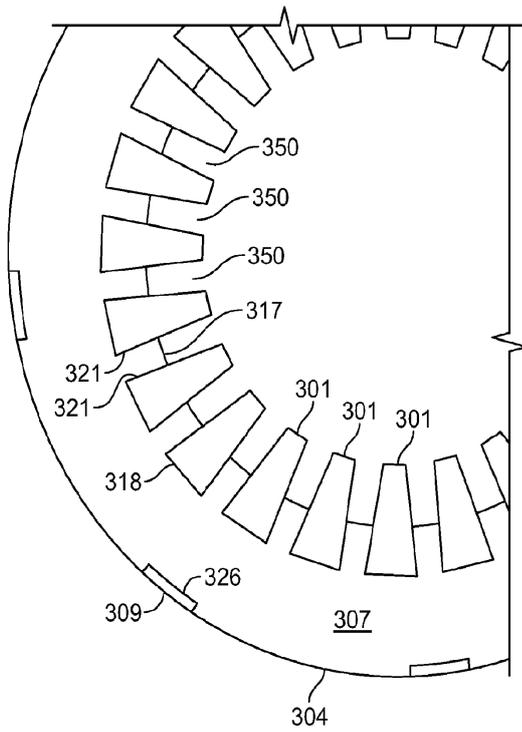
도면3e



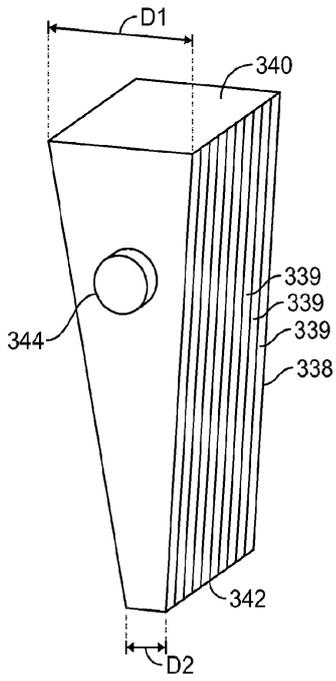
도면3f



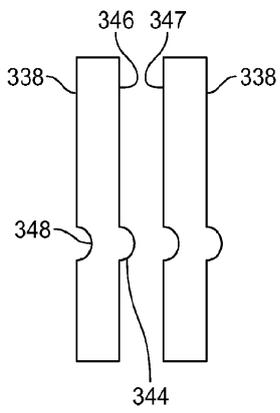
도면3g



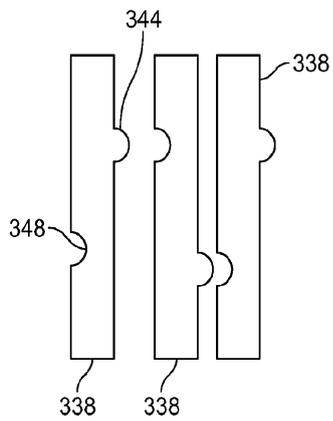
도면3h



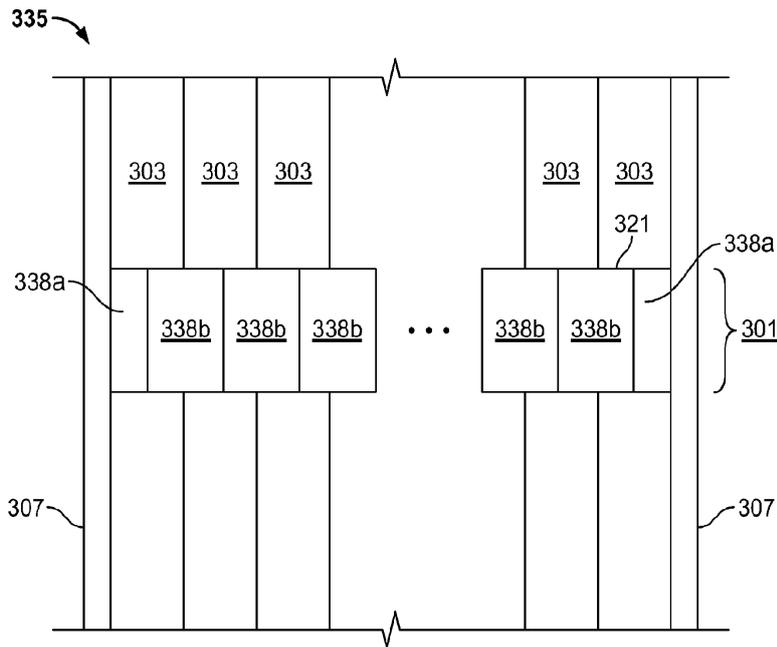
도면3i



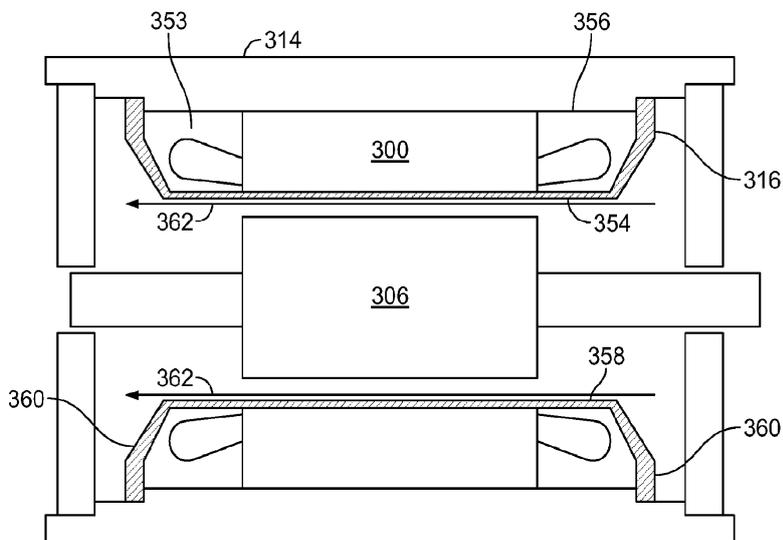
도면3j



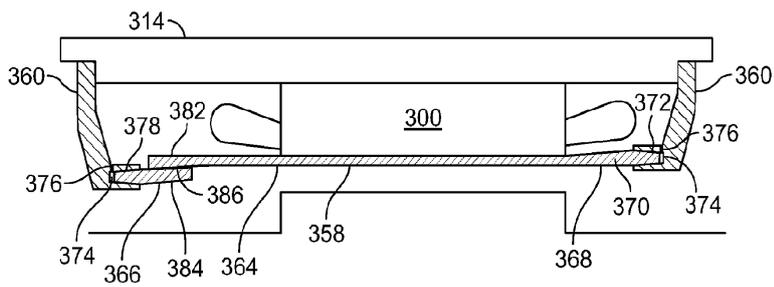
도면3k



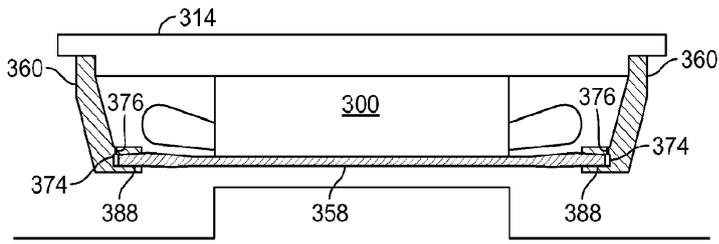
도면3l



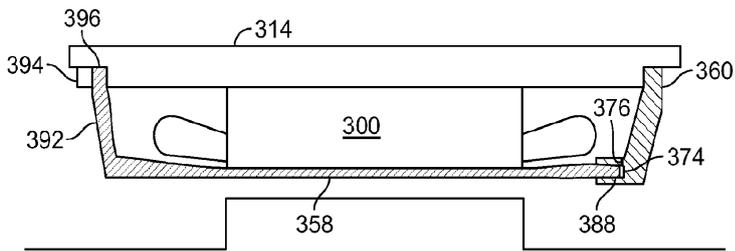
도면3m



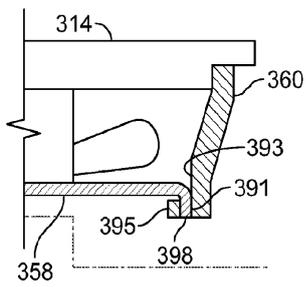
도면3n



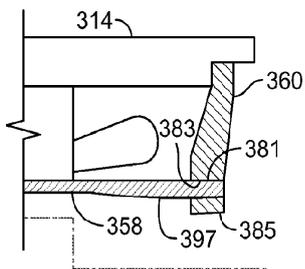
도면3o



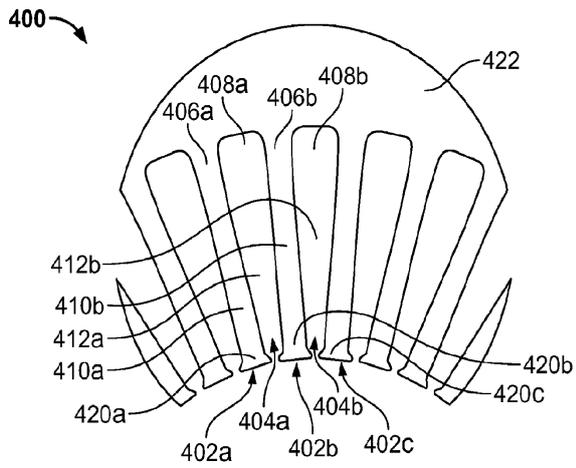
도면3p



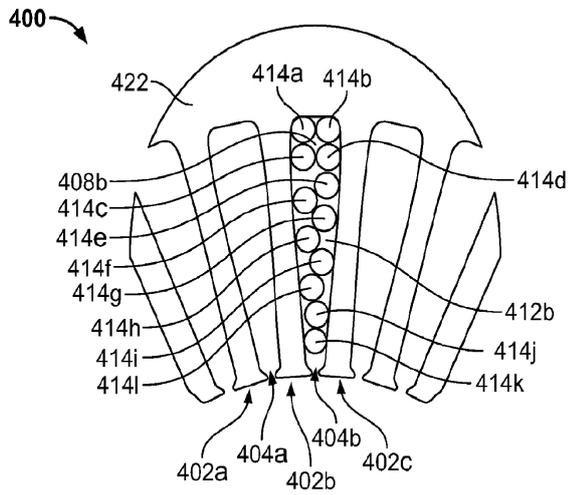
도면3q



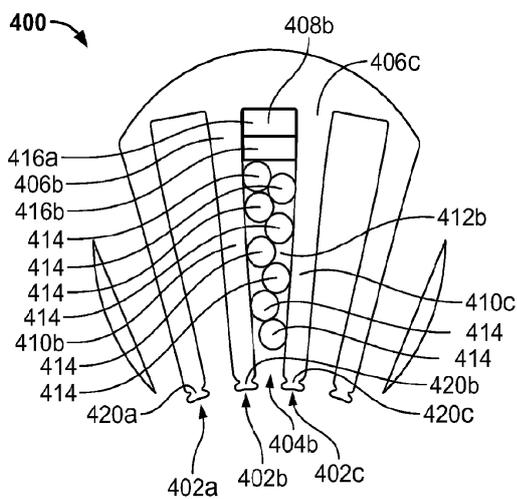
도면4a



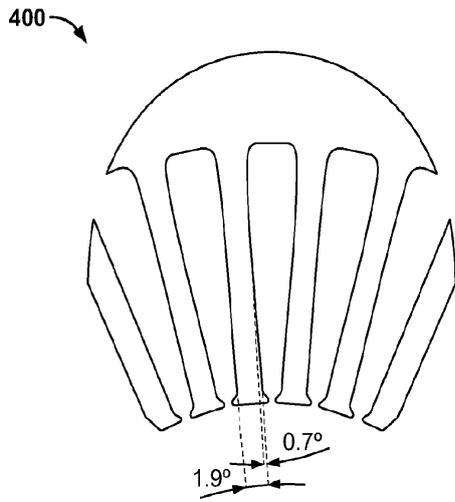
도면4b



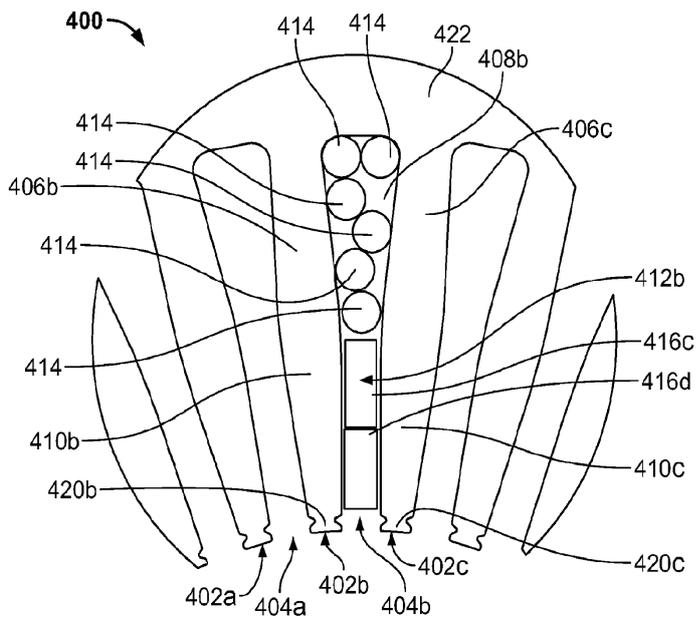
도면4c



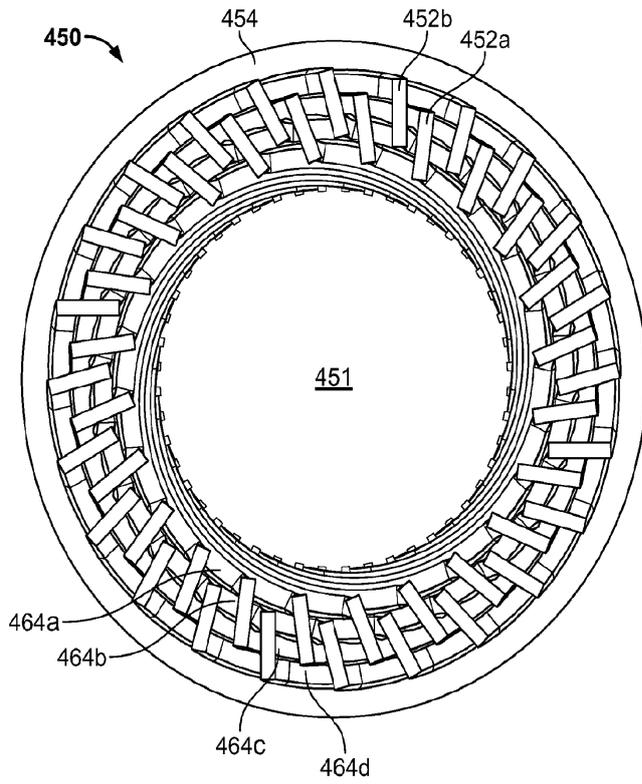
도면4d



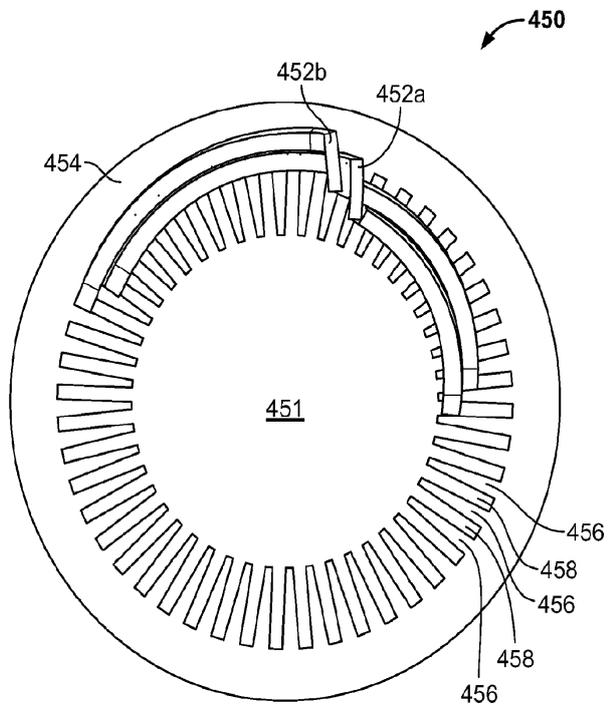
도면4e



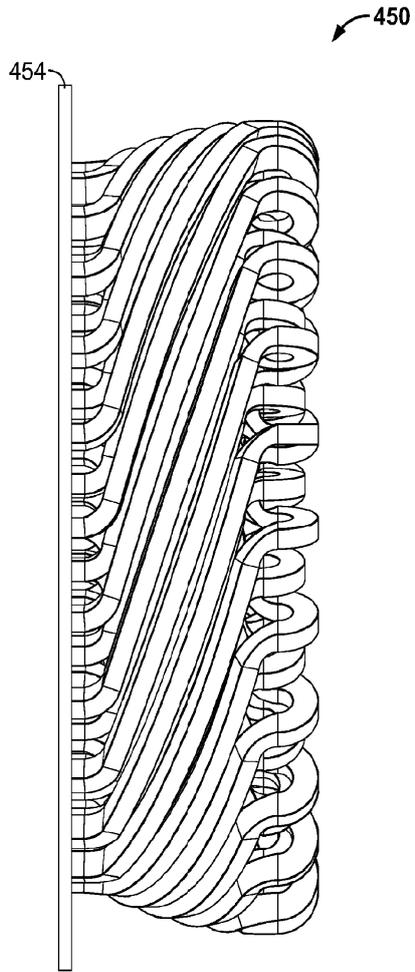
도면4f



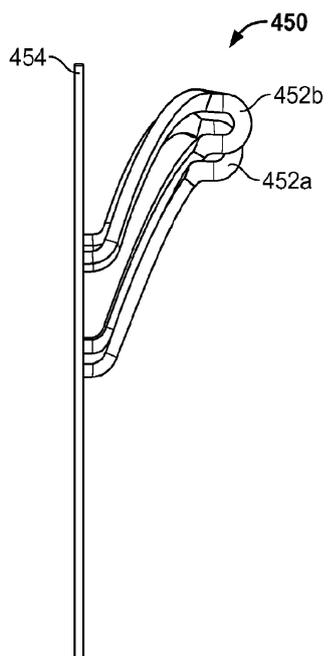
도면4g



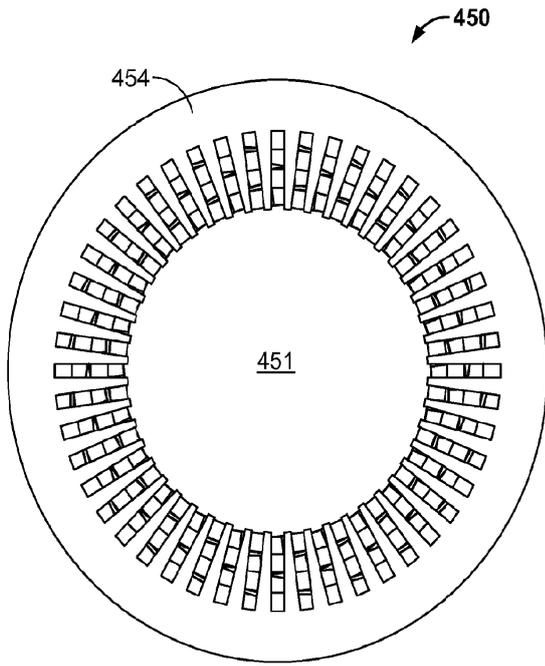
도면4h



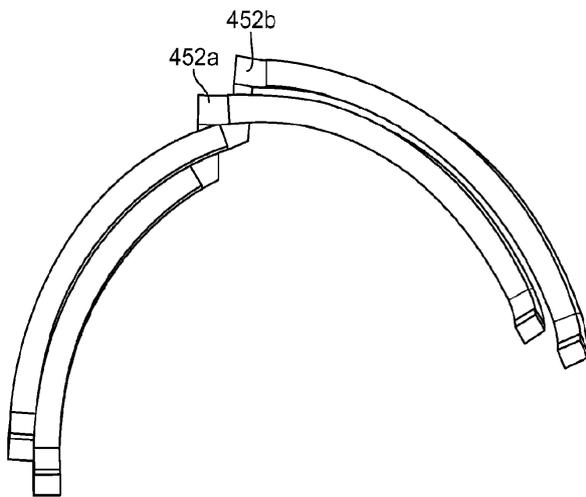
도면4i



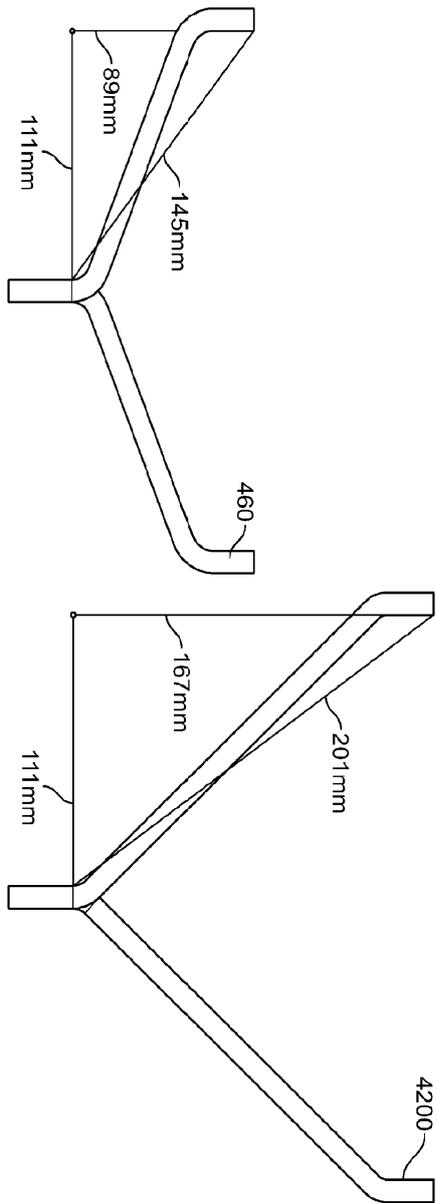
도면4j



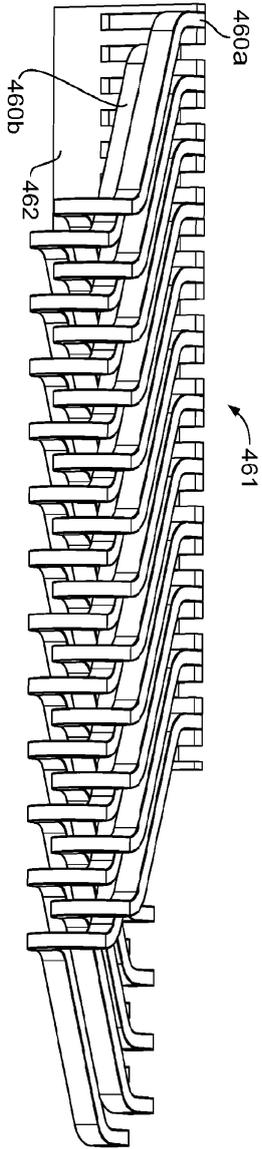
도면4k



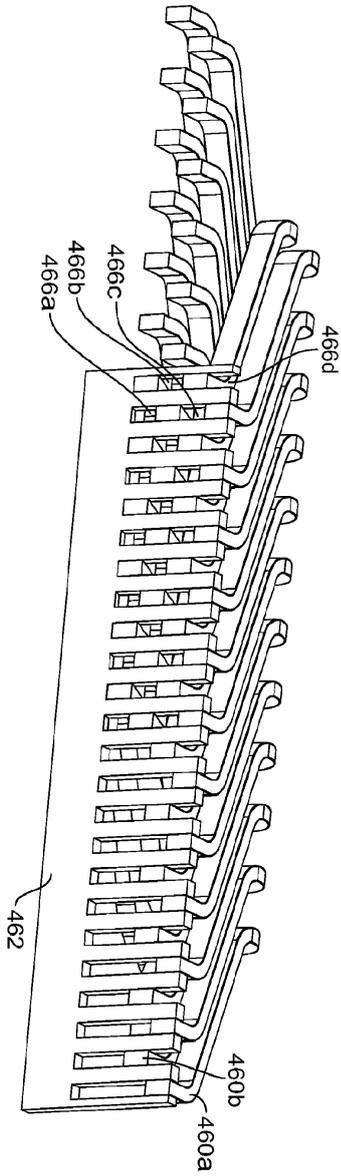
도면41



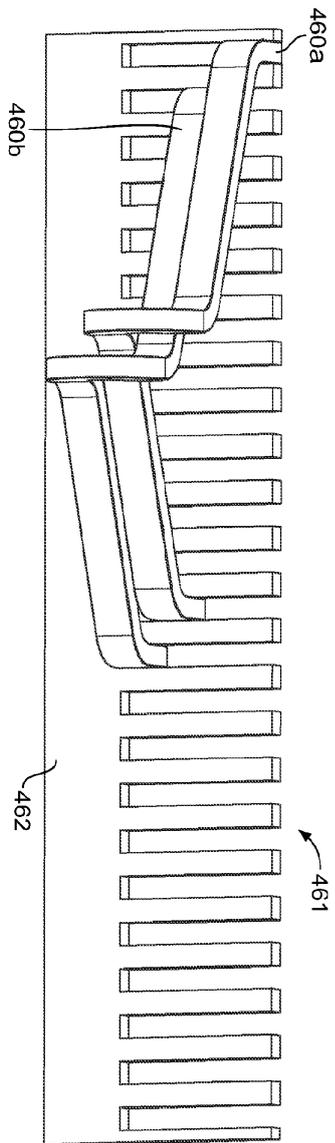
도면4m



도면4n

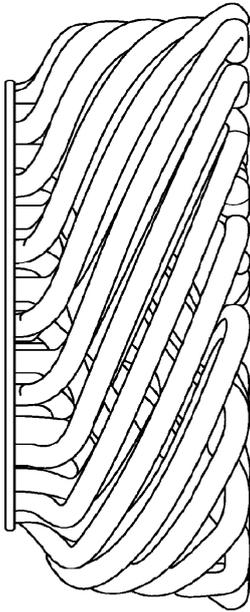


도면40



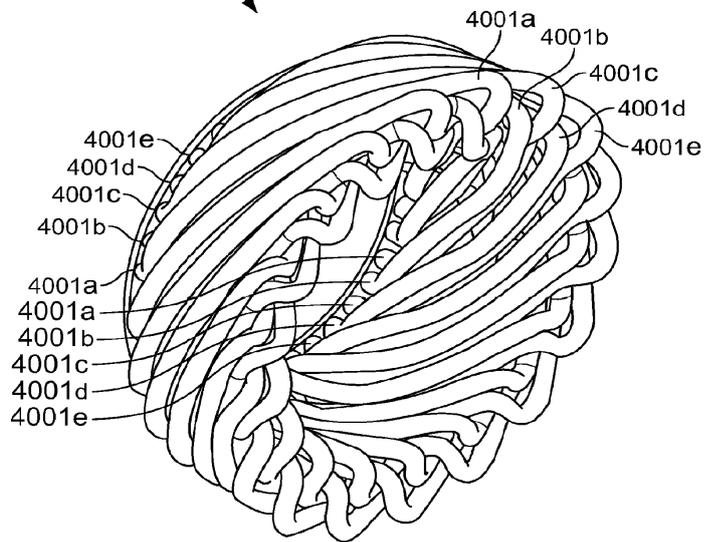
도면4p

470

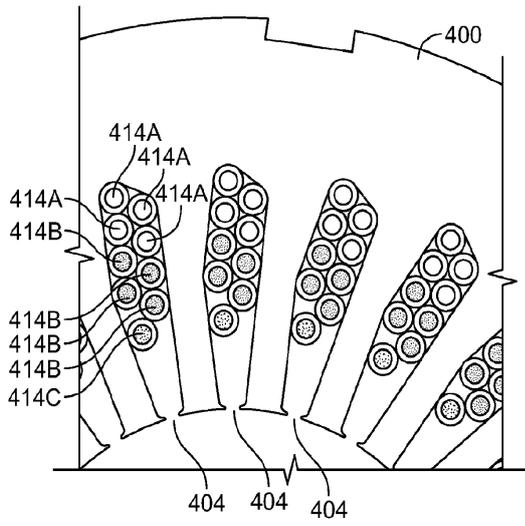


도면4q

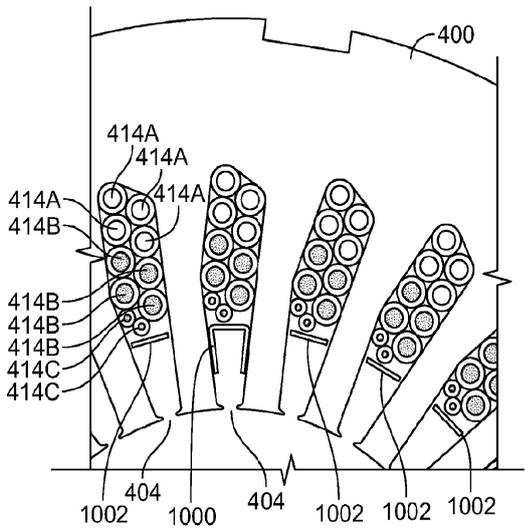
470



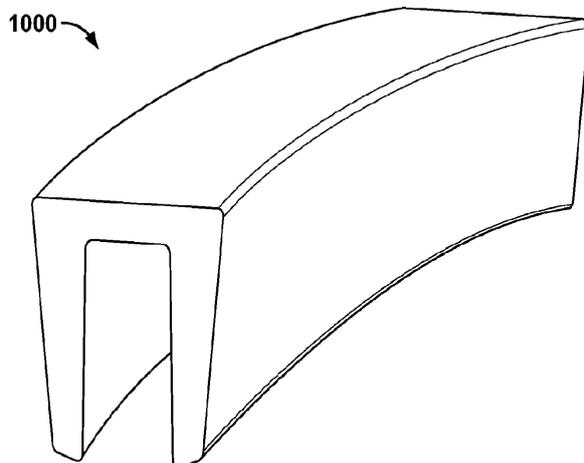
도면4t



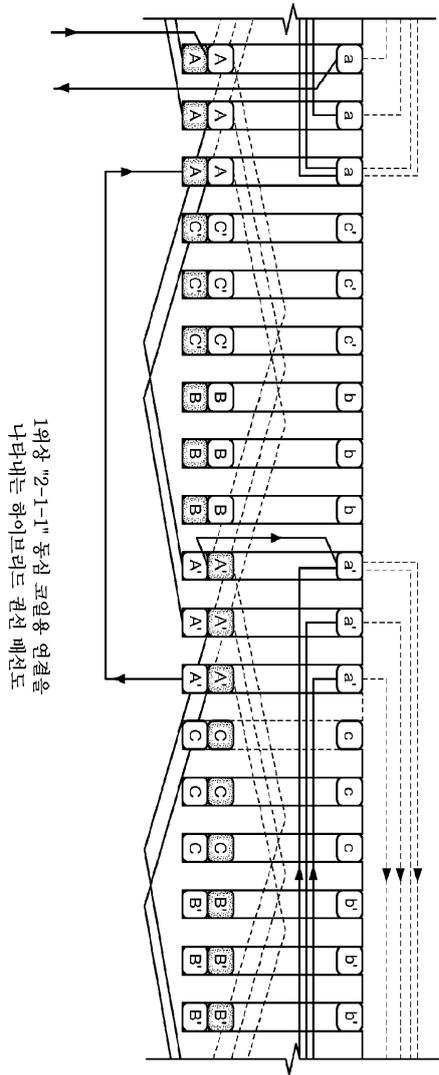
도면4u



도면4v

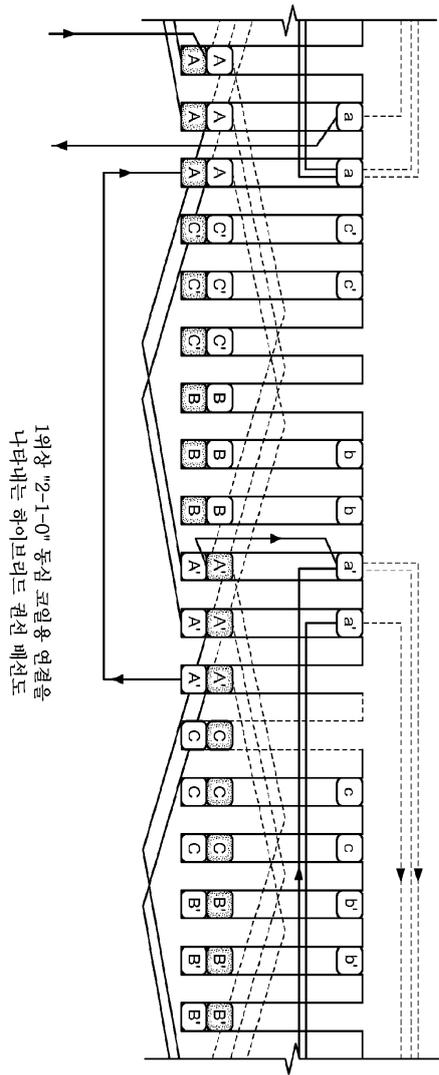


도면4x

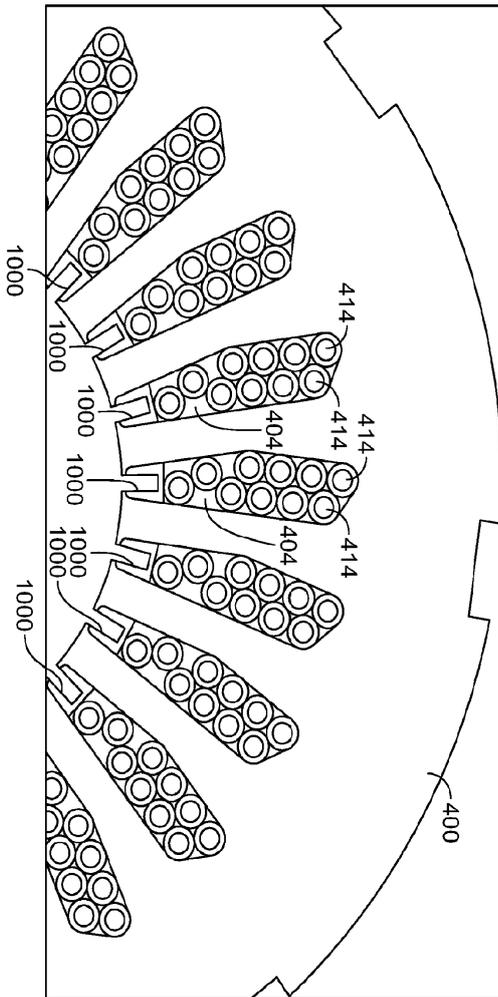


도면4x
본 발명의 실시예에 따른 구조를 나타내는 도면이다.

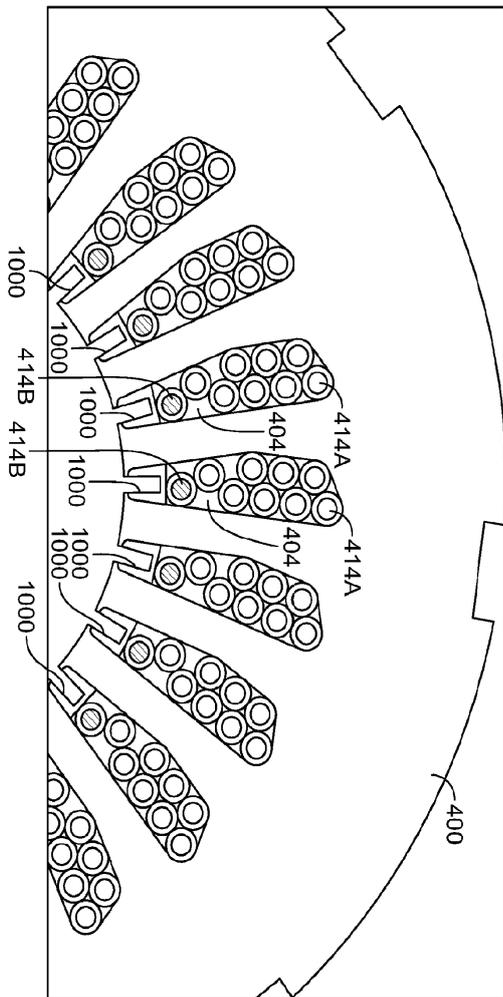
도면4y



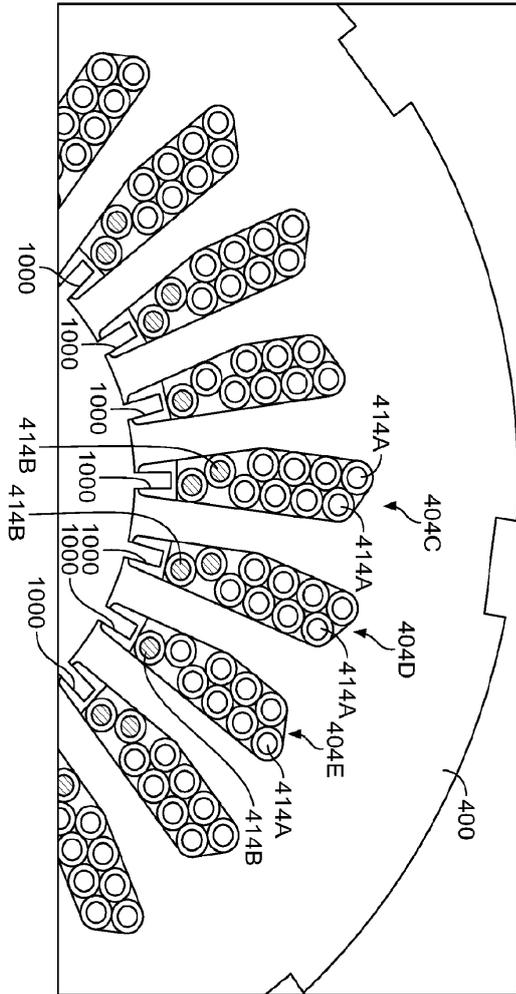
도면4z



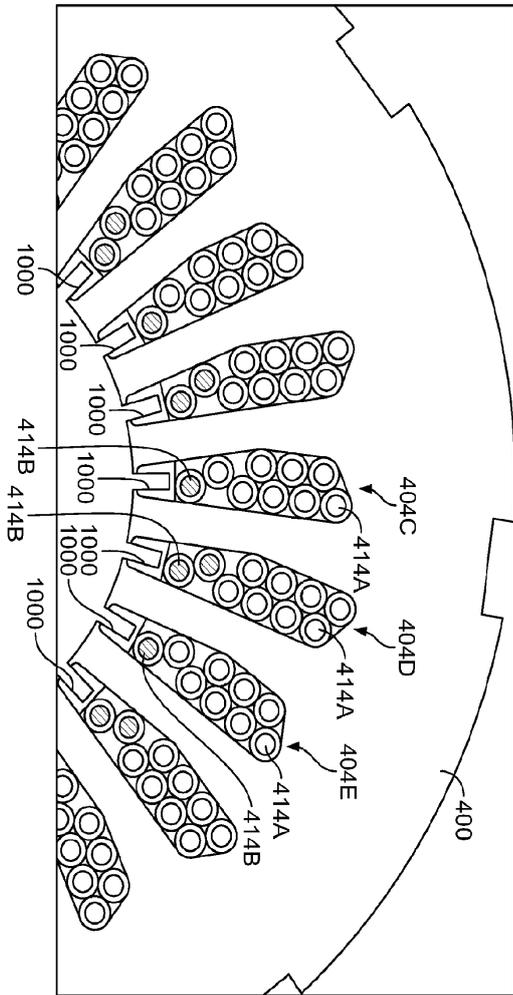
도면4aa



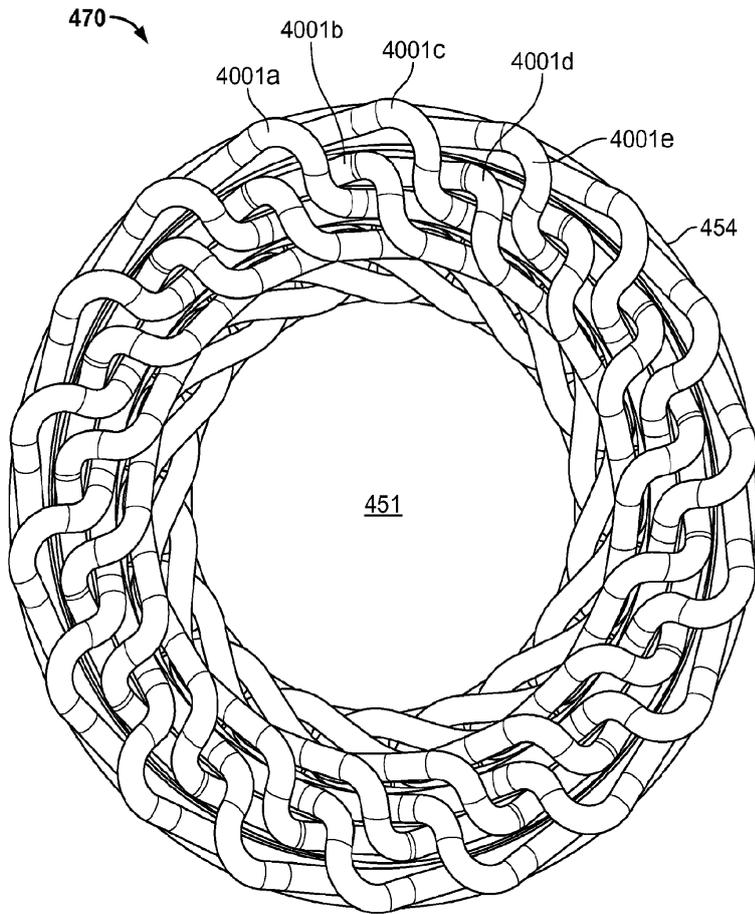
도면4bb



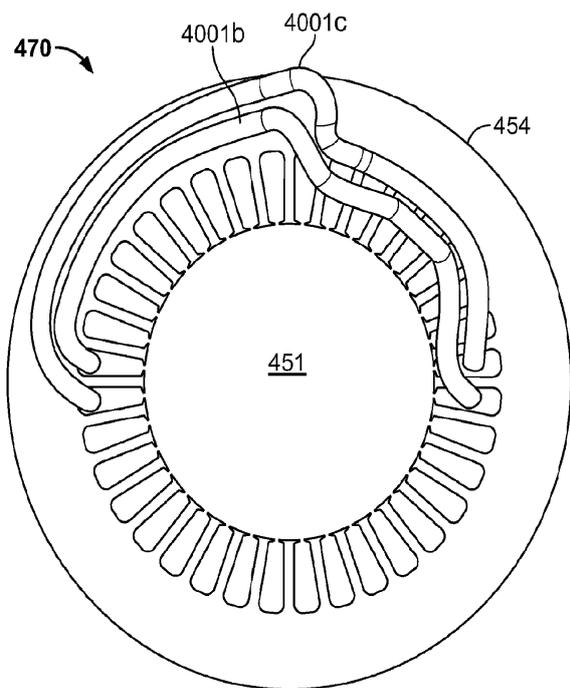
도면4cc



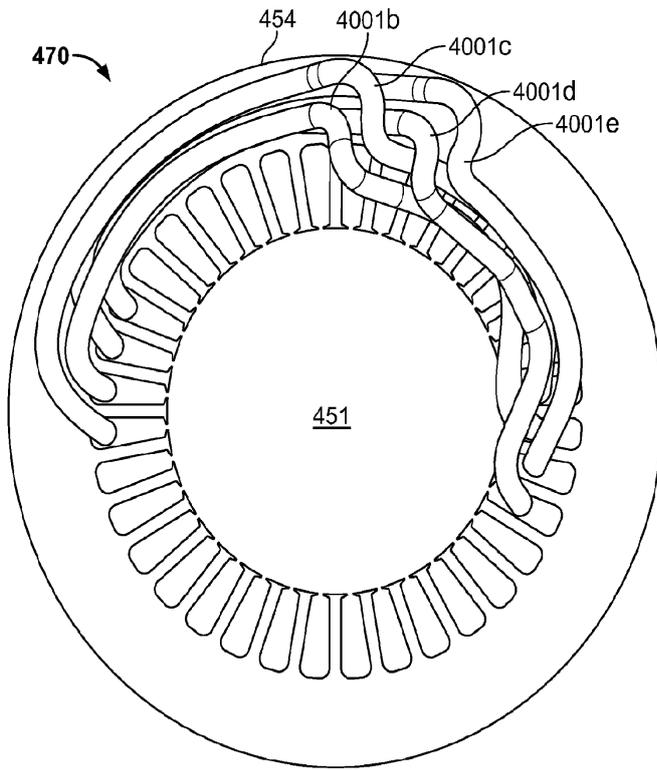
도면4ee



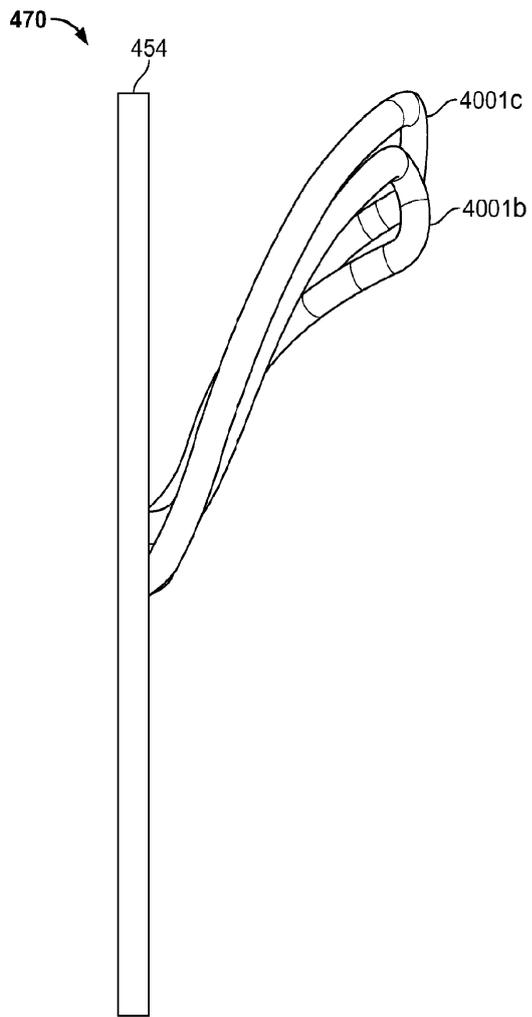
도면4ff



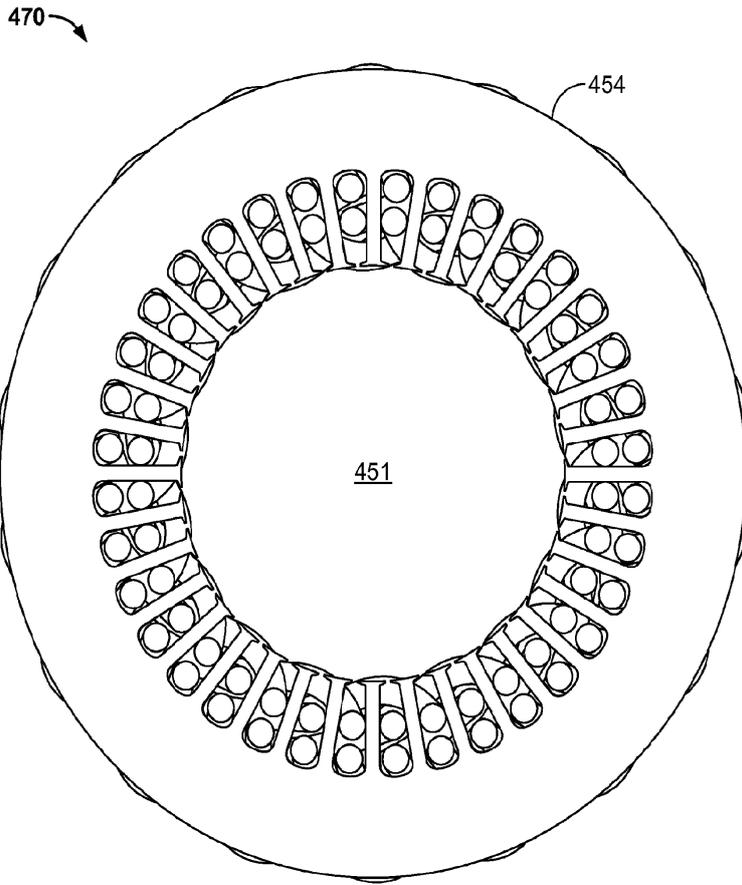
도면4gg



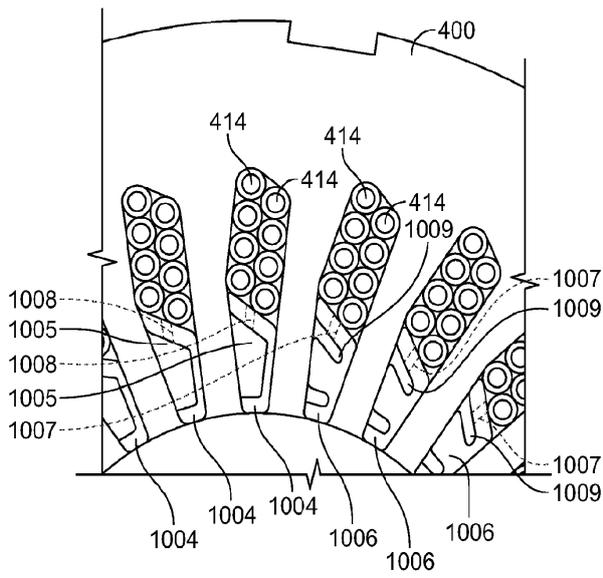
도면4hh



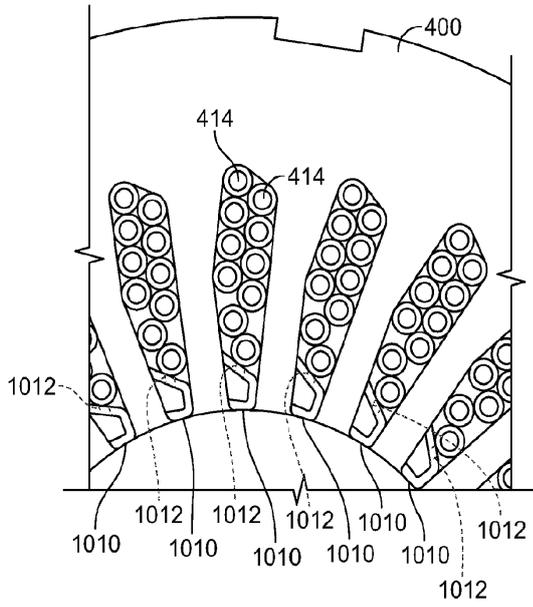
도면4ii



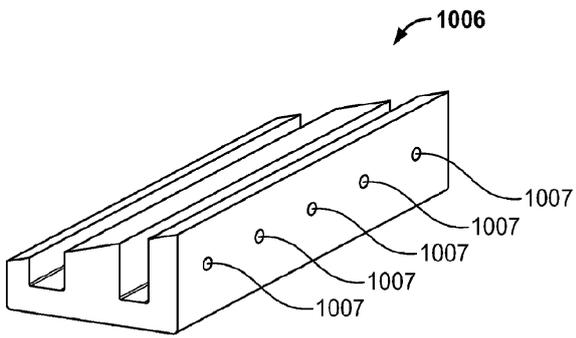
도면4jj



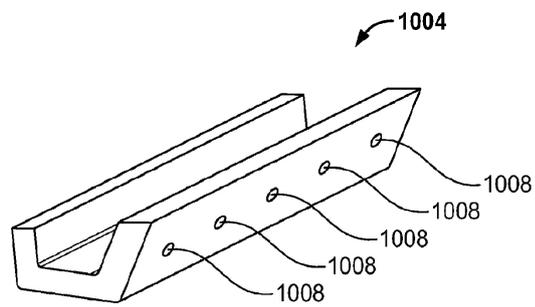
도면4kk



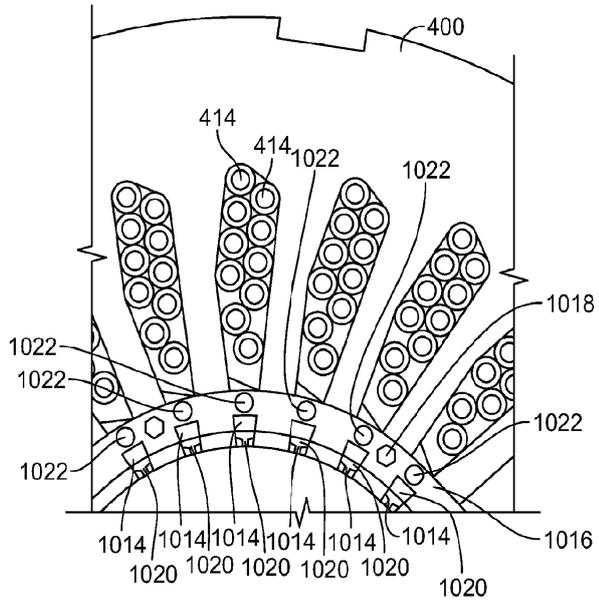
도면4ll



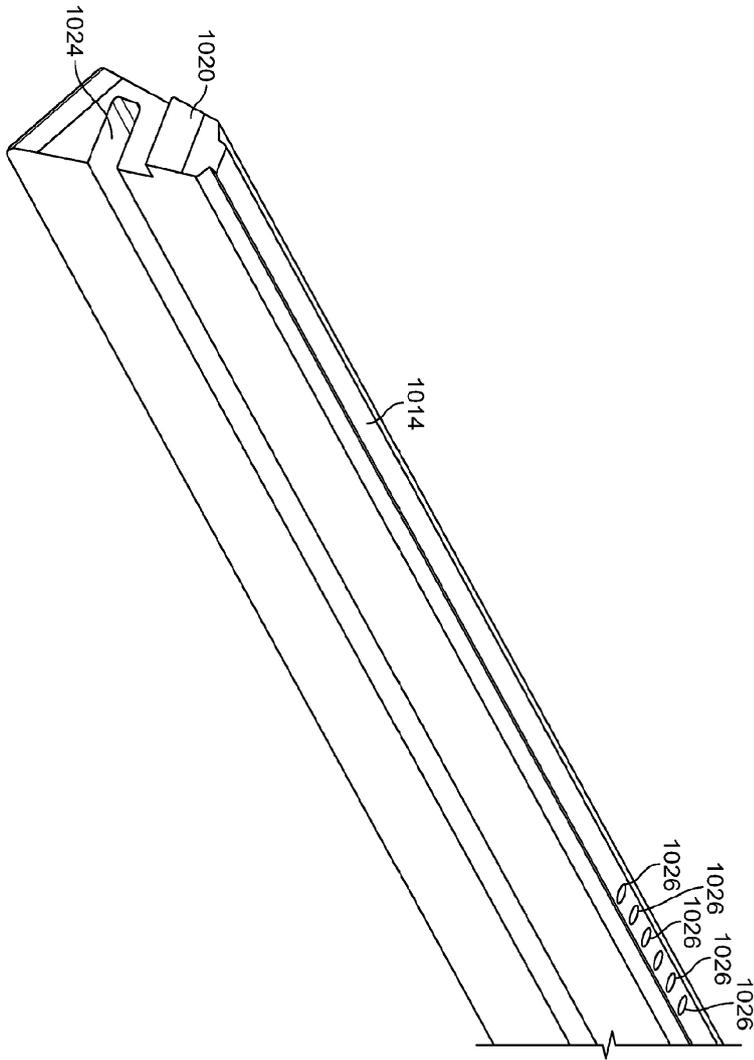
도면4mm



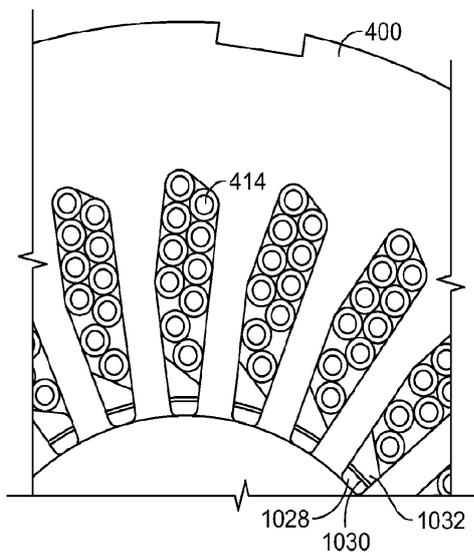
도면4nn



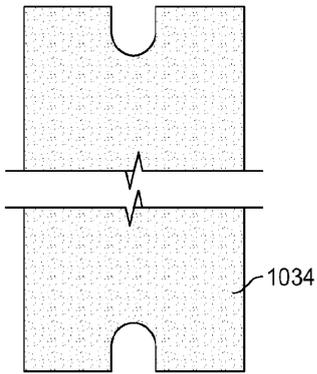
도면400



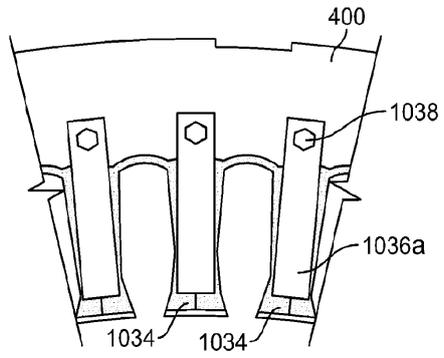
도면4pp



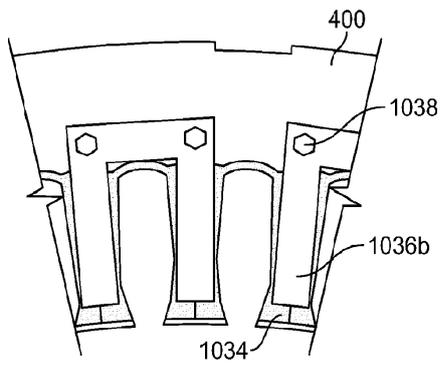
도면4qq



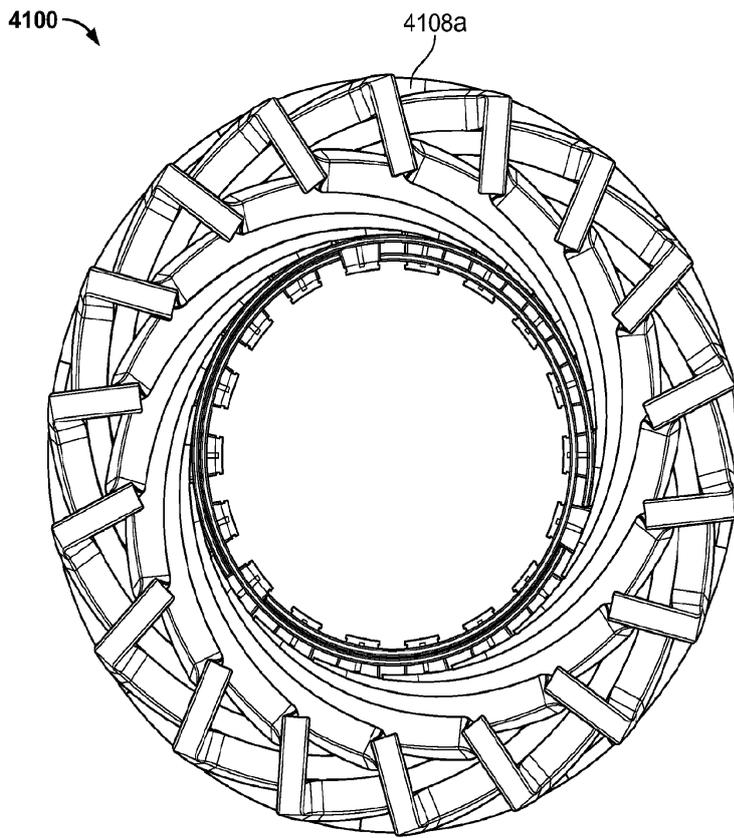
도면4rr



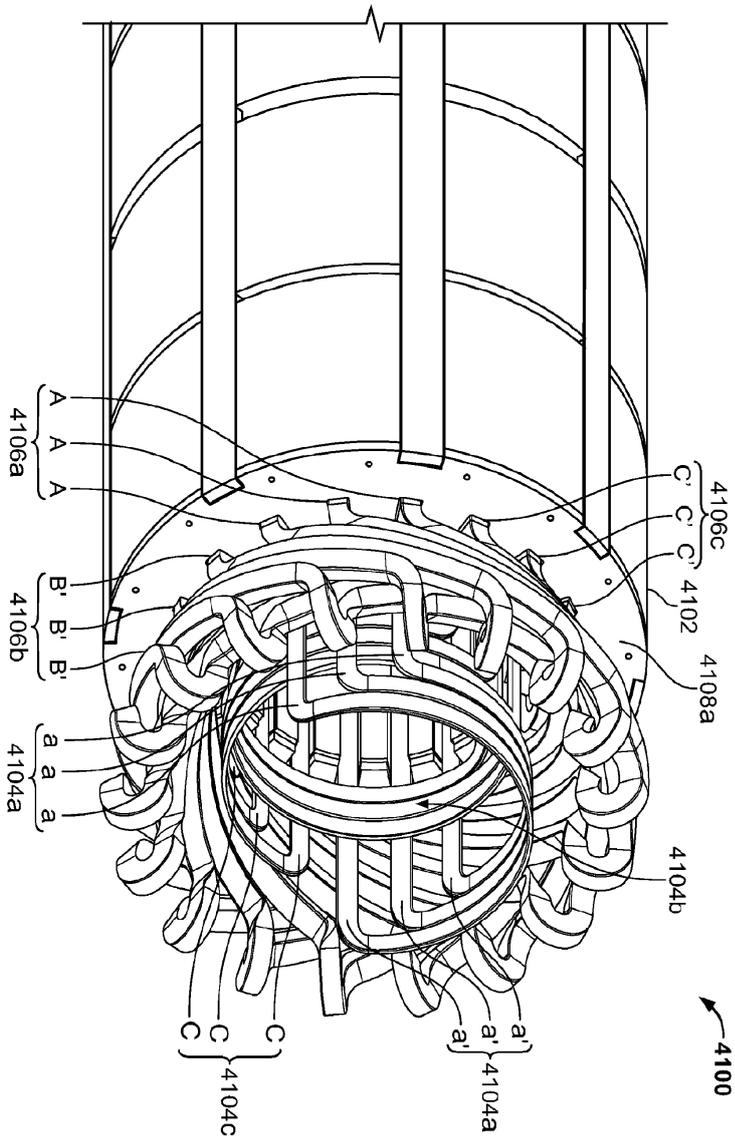
도면4ss



도면4uu

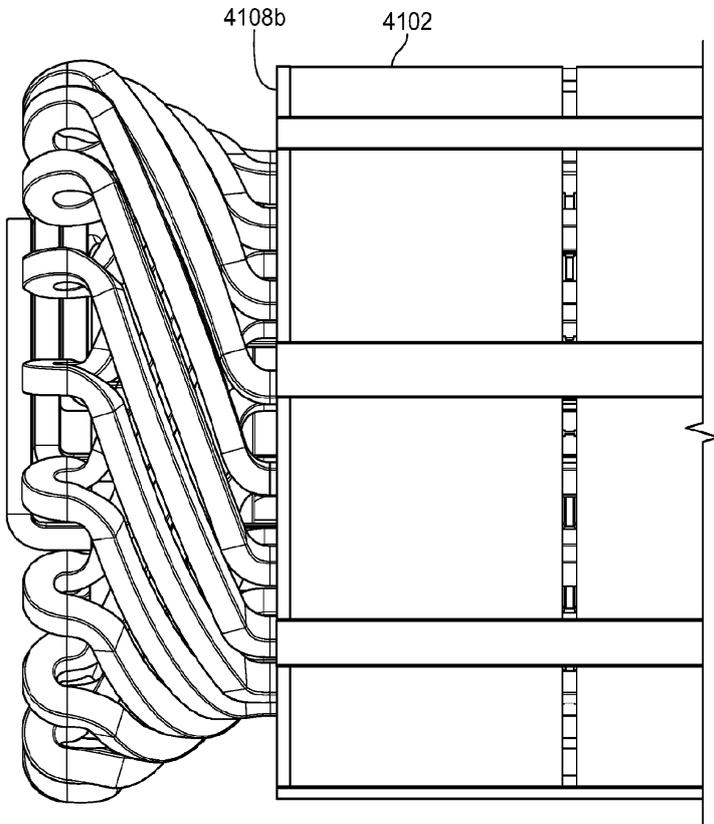


도면4v



도면4ww

4100



도면4xx

4100

